



TUGAS AKHIR - RC 141501

**PERENCANAAN JALUR KERETA API PADA SEGMENT 2
STASIUN SOLO BALAPAN BARU-BANDARA ADI
SUMARMO**

ENDAH TRI LISTIARI
NRP. 03111645000048

Dosen Pembimbing
Ir. Wahyu Herijanto, MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR - RC 141501

**PERENCANAAN JALUR KERETA API PADA SEGMENT 2
STASIUN SOLO BALAPAN BARU-BANDARA ADI
SUMARMO**

ENDAH TRI LISTIARI
NRP. 03111645000048

Dosen Pembimbing
Ir. Wahyu Herijanto, MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT - RC 141501

**PLANNING RAILWAY TRACK ON SEGMENT 2 OF SOLO
BALAPAN BARU STATION-ADI SUMARMO AIRPORT**

ENDAH TRI LISTIARI
NRP. 03111645000048

Consellor Lecturer
Ir. Wahyu Herijanto, MT

MAJORING IN CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Enviromental, and Geo-Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018

**PERENCANAAN JALUR KERETA API
PADA SEGMENT 2 STASIUN SOLO BALAPAN BARU-
BANDARA ADI SUMARMO**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ENDAH TRI LISTIARI

NRP. 03111645000048

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Wahyu Herijanto, MT



(*[Signature]*)

**SURABAYA
JULI, 2018**



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Wahyu Herjanto, MT
NAMA MAHASISWA	: Endah Tri Listiani
NRP	: 03111645000048
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Jalur Kereta Api Pada Segmen 2 Stasiun Solo Balapan Baru - Bandara Adi Sumarmo
TANGGAL PROPOSAL	: 1 Februari 2018
NO. SP-MMTA	: 020113 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	9 Mar 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Cek alternatif trase 3 (apakah dibutuhkan trase at grade atau elevated). - Jl. Ahmad Yani sebaiknya elevated - Buat matriks untuk pembobotan - Posisi trase hanya dijelaskan satu saja, cukup posisi trase elevated - Diterni batas untuk penilaian. 	<ul style="list-style-type: none"> - Matriks untuk pembobotan - Alternatif trase 3 disesuaikan dengan jalur kereta api yang sudah ada. - Batas penilaian high, medium, low untuk masing-masing kriteria - Mengajukan hasil dari global mapper dan kontrib. 	
2.	20 Mar 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Cek pembobotan pada alternatif 2 - Cek skala dengan peta bakosurtanal yang asli - Batas daerah hanya perlu di sekitar rencana trase 	<ul style="list-style-type: none"> - Perhitungan sudut azimuth - Rencana trase terpilih - Fix kan pembobotan 	
3.	6 Apr 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Pembobotan MCA (OK) - Perhitungan sudut azimuth 	<ul style="list-style-type: none"> - Cek ulang sudut azimuth (276°), (270°), (402°) - Lanjutkan alignment horizontal 	
4.	13 Apr 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Alignment horizontal - Azimuth 	<ul style="list-style-type: none"> - Kecepatan boleh pakai 80 km/jam dan 60 km/jam - Cek urbanaut.com - Cari posisi stasiun yang potensial. 	



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Wahyu Herijanto, MT
NAMA MAHASISWA	: Endah Ti Listiani
NRP	: 03111645000048
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Jalur Kereta Api Pada Segmen 2 Stasiun Solo Balapan Baru - Bandara Adi Sumarmo
TANGGAL PROPOSAL	: 1 Februari 2018
NO. SP-MMTA	: 020113 / IT2. VI. 4.1 / PP. 05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
5.	30 Apr 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Perencanaan stasiun baru (OK) - Alinyemen horisontal (OK) - Stationing dan elevasi (OK) - Potongan memangang 	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki pot memangang - Tambah stasiun dekat stasiun solo balapan baru - Lanjutkan perhitungan aliny vertikal. 	
6.	24 Mei 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Pot memangang (OK) - Perhitungan aliny vertikal (OK) - Perhitungan cut and fill (OK) 	<ul style="list-style-type: none"> - Cek ROW - Skala vertikal pot memangang - Emplasemen stasiun 	
7.	5 Juni 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Merubah lebar ROW - Perencanaan peron, stasiun, dan emplasemen - RAB - Laporan 	<ul style="list-style-type: none"> - RAB memakai inflasi - Batasan masalah - Panjang tambakan rencana 100 m - Delayr headway 	
8.	20 Juni 2018	<ul style="list-style-type: none"> - Gambar - Laporan 		
9.	22 Juni 2018	BOLEH DAFTAR UJIAN		

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Rabu** tanggal **11 Juli 2018** jam **09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:


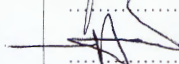
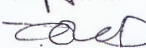
NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111645000048	Endah Tri Listiari	Perencanaan Jalur Kereta Api Pada Segmen 2 Stasiun Solo Balapan-Bandara Adi Sumarmo

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

ditambah	Rel R 42 ? mengapa ?	inflasi diesel
Sumber, Tami, 2002 / 2004 ?	Perbaikan base masalah	volume ?
menyaga 6 kriteria ?	perumusan masalah	Elevasi di delete
Excel masukkan ke laporan	Carbon Cut & fill	warna gambar
Rumit .	Cut sendiri, Fill sendiri	

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Anak Agung Gde Kartika, ST. MSc	
Ir. Hera Widyastuti, MT. PhD	
Cahya Buana, ST. MT	

Surabaya, 11 Juli 2018
Dosen Pembimbing I
(Ketua)


Ir. Wahyu Herijanto, MT

Dosen Pembimbing 2
(Sekretaris)

Dosen Pembimbing 3
(Sekretaris)

PERENCANAAN JALUR KERETA API PADA SEGMENT 2 STASIUN SOLO BALAPAN BARU- BANDARA ADI SUMARMO

Nama Mahasiswa : Endah Tri Listiari
NRP : 03111645000048
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing: Ir. Wahyu Herijanto, MT

Abstrak

Seiring perkembangan perekonomian di Pulau Jawa yang semakin meningkat, maka meningkat pula mobilitas masyarakatnya terutama dalam penggunaan transportasi massal khususnya yang berbasis udara. Sehingga perlu adanya peningkatan infrastruktur baik dari sisi udara ataupun sisi darat. Untuk sisi daratnya, perlu adanya sistem yang terintegrasi antara suatu bandara dengan moda transportasi yang lain. Moda transportasi yang dimaksud adalah kereta api bandara. Pada Tugas Akhir ini, akan direncanakan jalur kereta api bandara pada segmen 2, dimulai dari Stasiun Solo Balapan Baru hingga Stasiun Bandara Adi Sumarmo.

Jalur kereta api yang digunakan merupakan hasil dari pemilihan tiga trase yang kemudian akan dipilih satu yang terbaik dengan mempertimbangkan beberapa kriteria menggunakan perhitungan *multy criteria analysis*. Kriteria yang dipakai diambil atas dasar *demand* calon penumpang kereta api bandara dan dari pendapat *stakeholder*. Dari trase terpilih akan dilakukan analisa perhitungan meliputi desain geometrik, emplasemen, dan rencana anggaran biaya yang didasarkan dari peraturan-peraturan terkait seperti PM No. 60 Tahun 2012, PM No. 29 Tahun 2011, PM No. 78 Tahun 2014, dan peraturan perencanaan lainnya yang masih terkait dengan perencanaan pembangunan jalan kereta api.

Dari hasil analisa perhitungan, didapatkan hasil berupa trase terpilih yaitu trase 3 dengan total nilai sebesar 177,63 poin. Dalam perhitungan geometrik diperoleh panjang jalur 18039 km dan didesain dengan kecepatan rencana 60 km/jam menggunakan lengkung horizontal S-C-S dengan R minimum 200 m. Untuk analisa konstruksi, jalur kereta api Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo termasuk ke dalam kategori kelas jalanV dengan tebal lapisan balas 25 cm sedangkan lapisan sub balas dengan tebal 35 cm. Lebar sepur yang digunakan 1067 mm, tipe rel JIS R42, serta menggunakan bantalan beton dengan penambat elastis ganda *E-Clip*. Berdasarkan hasil perhitungan biaya, dibutuhkan rencana anggaran biaya untuk pembangunan jalur kereta api bandara pada segmen 2 sebesar Rp 308,420,000,000.00.

Kata Kunci : Kereta Api Bandara, Stasiun Solo Balapan Baru, Bandara Adi Sumarmo, Multi Criteria Analysis, Geometik Jalan Rel, Rencana Anggaran Biaya.

PLANNING RAILWAY TRACK ON SEGMENT 2 OF SOLO BALAPAN BARU STATION-ADI SUMARMO AIRPORT

Student Name : Endah Tri Listiari
NRP : 03111645000048
Majors : Civil Engineering FTSLK-ITS
Consellor Lecturer : Ir. Wahyu Herijanto, MT

Abstract

Along with the increasing economic in Java Island, the mobility of the people increases, especially in the use of mass transportation like air transportation. So that there needs to be improved infrastructure both from the air side or the land side. For the land side, the need for an integrated system between an airport with other modes of transportation. Transport mode in this case is the airport train. In this Final Project, the airport railway will be planned on segment 2, starting from Solo Baru Station to Adi Sumarmo Airport Station.

The railway used is the result of the selection of three routes which will be selected the best one by considering several criteria using multy criteria analysis calculations. The criteria used are taken on the basis of demand for prospective passengers of airport railways and from stakeholder opinions. From the selected trace will be calculated analysis include geometric design, emplacement, and cost budget plan based on related regulations such as PM No. 60 Year 2012, No PM. 29 Year 2011, PM No. 78 of 2014, and other planning regulations that are still related to railway development planning.

From the calculation result, the selected routes is route 3 (Jl. Jenderal Ahmad Yani) with total value 177,63 points. In the geometric calculation obtained the path length of 18039 km and designed with a speed 60 km/hour plan, using horizontal curve S-

C-S with minimum R 200 m. For construction analysis, the railway line of Solo Baru Station-Adi Sumarmo Airport is included into the category of class road V with a 25 cm thick layer of balas while the sub balas is 35 cm thick. Width of railway used 1067 mm, rail type JIS R42, and use concrete pads with E-Clip double elastic. Based on the cost calculation, it is necessary to have a budget plan for the construction of the airport railway in segment 2 of Rp 308,420,000,000.00.

Key words : Airport Train, Solo Balapan Baru Station, Adi Sumarmo Airport, Multi Criteria Analysis, Railway Geometric, Budget Plan.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah dengan mengucap puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sipil dengan judul “Perencanaan Jalur Kereta Api Pada Segmen 2 Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo”.

Selama pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini penulis telah menerima bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada.

1. Keluarga penulis yang menjadi penyemangat penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Wahyu Herijanto, MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama penyusunan Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Tri Joko Wahyu Adi, ST. MT. PhD selaku dosen wali penulis yang telah memberikan arahan selama masa perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil ITS.
4. Teman-teman Lintas Jalur 2016 dan teman-teman 2014 yang mengambil Tugas Akhir *Railway* yang telah membantu penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih terdapat kekurangan dalam Laporan Tugas Akhir ini, oleh karena itu penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun bagi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penelitian selanjutnya.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Abstrak.....	v
Abstract.....	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penulisan	4
1.6 Lokasi Studi.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Moda Transportasi Rel	7
2.2 Kecepatan dan Beban Gandar	7
2.2.1 Kecepatan.....	7
2.2.2 Beban Gandar.....	8
2.3 Standart Jalan Rel.....	8
2.3.1 Klasifikasi Jalan Rel.....	8
2.3.2 Pengalokasian Ruang Operasi.....	9
2.4 Geometrik Jalan Rel	13
2.4.1 Lebar Jalan Rel.....	13
2.4.2 Kelandaian Medan	14
2.4.3 Lengkung Vertikal	15
2.4.4 Lengkung Horisontal.....	18
2.4.5 Pelebaran Jalan Rel	21
2.4.6 Peninggian Rel	23
2.5 Galian dan Timbunan	24
2.6 Lebar Formasi Badan Jalan Rel.....	25
2.7 Balas dan Sub Balas	26
2.7.1 Bentuk dan Ukuran Balas	26
2.7.2 Bentuk dan Ukuran Sub Balas	27

2.8.	Wesel.....	27
2.9.	Emplasemen Stasiun.....	28
	2.9.1. Emplasemen Stasiun Kecil.....	28
	2.9.2. Emplasemen Stasiun Sedang.....	28
	2.9.3. Emplasemen Stasiun Besar	29
2.10.	Stasiun Kereta Api.....	30
	2.10.1.Persyaratan Bangunan	30
	2.10.2.Persyaratan Teknis Peron	31
2.11.	Rencana Anggaran Biaya	32
	2.11.1.Volume Pekerjaan	32
	2.11.2.Harga Satuan Pekerjaan (HSPK).....	32
2.12.	Penentuan Alternatif Trase Terpilih	33
2.13.	Posisi Trase Terhadap Elevasi Muka Tanah.....	33
BAB III METODOLOGI.....		35
3.1.	Umum	35
3.2.	Tahap Persiapan.....	35
3.3.	Tahap Pengumpulan Data.....	35
	3.3.1.Data Sekunder	35
3.4.	Analisa Pemilihan Trase.....	36
3.5.	Tahap Analisa Data	36
3.6.	Perhitungan Rencana Anggaran Biaya	38
3.7.	Diagram Alir Metodologi	39
BAB IV ANALISA PEMILIHAN TRASE DAN		
PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN REL		41
4.1	Alternatif Trase.....	41
	4.1.1. Analisa Alternatif Trase 1 (Jl. Solo-Purwodadi)	41
	4.1.2. Analisa Alternatif Trase 2 (Jl. Adi Sumarmo)	44
	4.1.3. Analisa Alternatif Trase 3 (Jl. Jenderal Ahmad	46
	Yani).....	
4.2.	Penentuan Alternatif Trase Terpilih	49
	4.2.1. Alternatif Trase 1 (Jl. Solo-Purwodadi)	58
	4.2.2. Alternatif Trase 2 (Jl. Adi Sumarmo).....	59
	4.2.3. Alternatif Trase 3 (Jl. Jenderal Ahmad Yani) .	59
4.3.	Perencanaan Geometrik.....	60

4.3.1	Perhitungan Sudut Azimuth	60
4.3.2.	Perhitungan Sudut Tikungan.....	62
4.3.3.	Perhitungan Lengkung Horisontal.....	65
4.4.	Alinyemen Vertikal	70
4.4.1	Elevasi Eksisting	70
4.4.2	Perhitungan Lengkung Vertikal	70
4.5.	Perhitungan Galian dan Timbunan.....	74
BAB V PERENCANAAN KONSTRUKSI JALAN REL DAN		
RENCANA ANGGARAN BIAYA		77
5.1.	Perencanaan Struktur Jalan Rel.....	77
5.1.1	Rencana Dimensi Profil Rel.....	77
5.1.2	Penentuan Tipe Bantalan Beton.....	78
5.1.3	Perencanaan Balas dan Sub Balas.....	79
5.2.	Perencanaan Bangunan Stasiun.....	80
5.3.	Perencanaan Peron	80
5.4.	Perencanaan Emplasemen Stasiun	83
5.4.1	Pola Operasi Kereta Api Bandara Adi Sumarmo pada Segmen 2	83
5.5.	Rencana Anggaran Biaya	84
5.5.1	Volume Pekerjaan.....	84
5.5.2	Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya.....	85
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		89
6.1.	Kesimpulan.....	89
6.2.	Saran.....	90
DAFTAR PUSTAKA		93
LAMPIRAN		
BIODATA PENULIS		

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Lebar Jalan Rel 1067 mm.....	8
Tabel 2. 2	Jarak Ruang Bangun.....	12
Tabel 2. 3	Pengelompokan Lintas Berdasarkan pada Kelandaian	14
Tabel 2. 4	Landai Penentu Maksimum.....	14
Tabel 2. 5	Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal.....	16
Tabel 2. 6	Persyaratan Perencanaan Lengkungan	18
Tabel 2. 7	Pelebaran Sepur.....	22
Tabel 2. 8	Lebar Badan Jalan Rel.....	25
Tabel 2. 9	Penampang Melintang Jalan Rel	25
Tabel 2. 10	Lebar Minimum Peron	32
Tabel 4. 1	Skala Numerik untuk Penilaian Banding Beberapa Indikator.....	50
Tabel 4. 2	Penilaian Tiap Kriteria dengan Kriteria Lainnya	50
Tabel 4. 3	<i>Eigen Vector</i>	52
Tabel 4. 4	Batasan Penilaian Untuk Bobot Relatif.....	53
Tabel 4. 5	Nilai <i>Multi Criteria Analysis</i>	57
Tabel 4. 6	Nilai Pembobotan <i>Multi Criteria Analysis</i>	58
Tabel 4. 7	<i>Multi Criteria Analysis</i> Trase 1	58
Tabel 4. 8	<i>Multi Criteria Analysis</i> Trase 2	59
Tabel 4. 9	<i>Multi Criteria Analysis</i> Trase 3	59
Tabel 4. 10	Perhitungan Sudut Azimuth dan Sudut Tikungan	63
Tabel 4. 11	Perhitungan Sudut Azimuth dan Sudut Tikungan (Lanjutan)	64
Tabel 4. 12	Perhitungan Alinyemen Horisontal.....	68
Tabel 4. 13	Perhitungan Alinyemen Horisontal (Lanjutan)	69
Tabel 4. 14	Perhitungan Alinyemen Vertikal.....	73
Tabel 4. 15	Volume Galian dan Timbunan	76
Tabel 5. 1	Penampang Melintang Jalan Rel	80
Tabel 5. 2	Kebutuhan <i>Spoor Siding</i> Stasiun Baru	84
Tabel 5. 3	Volume Pekerjaan	84

Tabel 5. 4	Rekapitulasi Inflasi.....	86
Tabel 5. 5	Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Peta Lokasi Studi	5
Gambar 2. 1	Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Pada Jalur Lurus untuk Jalur Tunggal.....	10
Gambar 2. 2	Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Pada Jalur Lurus untuk Jalur Ganda	11
Gambar 2. 3	Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Pada Lengkungan untuk Jalur Tunggal.....	12
Gambar 2. 4	Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Pada Lengkungan untuk Jalur Tunggal.....	13
Gambar 2. 5	Lebar Jalan Rel 1067 mm.....	13
Gambar 2. 6	Landai Curam	15
Gambar 2. 7	Lengkung Vertikal.....	16
Gambar 2. 8	Lengkung Vertikal Cekung	17
Gambar 2. 9	Lengkung Vertikal Cembung	17
Gambar 2. 10	Bagian Mendatar Diantara Lengkung Vertikal.....	18
Gambar 2. 11	Lengkung S.....	19
Gambar 2. 12	Lengkung Horisontal dengan Lengkung Peralihan	20
Gambar 2. 13	Ukuran Gandar Teguh yang Digunakan di Indonesia	22
Gambar 2. 14	Pelebaran Gandar pada Jalan Rel	23
Gambar 2. 15	Peninggian Rel.....	24
Gambar 2. 16	Penampang Rel Tunggal dan Ganda	25
Gambar 2. 17	Penampang Melintang Jalan Rel Pada Jalur Lurus (1067 mm).....	26
Gambar 2. 18	Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkungan (1067 mm).....	26
Gambar 2. 19	Detail Komponen Wesel.....	27
Gambar 2. 20	Emplasemen Stasiun Kecil	28
Gambar 2. 21	Emplasemen Stasiun Besar.....	29
Gambar 2. 22	Emplasemen Stasiun Besar.....	29
Gambar 2. 23	Posisi Trase <i>At Grade</i>	34
Gambar 2. 24	Posisi Trase Elevated.....	34

Gambar 3. 1	Bagan Alir Metodologi	39
Gambar 3. 2	Bagan Alir Metodolgi (Lanjutan)	40
Gambar 4. 1	Alternatif Trase 1	42
Gambar 4. 2	Pendetailan Alternatif Trase 1-a	43
Gambar 4. 3	Pendetailan Alternatif Trase 1-b.....	43
Gambar 4. 4	Alternatif Trase 2	44
Gambar 4. 5	Pendetailan Alternatif Trase 2-a	45
Gambar 4. 6	Pendetailan Alternatif Trase 2-b.....	45
Gambar 4. 7	Pendetailan Alternatif Trase 2-c	46
Gambar 4. 8	Alternatif Trase 3.....	47
Gambar 4. 9	Pendetailan Alternatif Trase 3-a	47
Gambar 4. 10	Pendetailan Alternatif Trase 3-b.....	48
Gambar 4. 11	Pendetailan Alternatif Trase 3-c	49
Gambar 4. 12	Trase Titik A, P1, P2	61
Gambar 4. 13	Lengkung Horisontal P1 - SCS.....	67
Gambar 4. 14	Galian dan Timbunan STA 0+000 – STA 0+800.....	74
Gambar 4. 15	Hasil Area Galian STA 0+000 – STA 0+800	74
Gambar 5. 1	Rel Tipe JIS 50 kg	78
Gambar 5. 2	Bantalan Beton Tipe N-67	79
Gambar 5. 3	Potongan A-A	79
Gambar 5. 4	Potongan B-B.....	79
Gambar 5. 5	Kereta Api Diesel Listrik (KRDE)	81
Gambar 5. 6	Dimensi Peron	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pemerataan perekonomian di Pulau Jawa, sudah menjadi hal biasa bagi orang-orang dari Pulau Jawa melakukan perjalanan antar kota bahkan ke luar negeri menggunakan moda transportasi pesawat terbang. Oleh karena itu, timbulah masalah baru yakni menumpuknya penumpang di beberapa bandara besar dimana bandara tersebut adalah Bandara Internasional Soekarno Hatta dan Bandara Internasional Juanda. Kedua bandara tersebut menjadi bandara pengumpul atau *hub* serta menjadi bandara transit untuk rute perjalanan dari bandara-bandara kecil di Pulau Jawa ke tujuan Indonesia Timur ataupun Indonesia Barat bahkan luar negeri. Demi mengurangi kepadatan penumpang di kedua bandara tersebut, pemerintah mulai menargetkan agar bandara-bandara lain yang ada di Pulau Jawa menjadi bandar udara pengumpul.

Salah satu bandara yang nantinya akan dijadikan bandar udara pengumpul adalah Bandara Adi Sumarmo di Solo. Karena bandara tersebut sudah mengalami lonjakan penumpang yang cukup tinggi dari tahun ke tahunnya. Berdasarkan data teknis Bandara Adi Sumarmo di Departemen Perhubungan (Dephub), pada tahun 2016 untuk kedatangan penumpang domestik sebesar 1.058.626 atau naik 49% dari tahun sebelumnya, sedangkan untuk keberangkatan penumpang domestik sebesar 1.051.295 atau naik 47% dari tahun sebelumnya. Demi terwujudnya Bandara Adi Sumarmo menjadi salah satu bandara pengumpul, perlu adanya peningkatan infrastruktur baik dari sisi pelayanan bandara maupun dari moda transportasi lain yang mendukung akses ke Bandara Adi Sumarmo. Moda transportasi lain yang dimaksud adalah kereta api bandara. Dengan adanya kereta api bandara diharapkan dapat mempermudah akses transportasi bagi masyarakat di sekitar wilayah bandara.

Kereta api sendiri merupakan salah satu sistem transportasi darat yang memegang peranan penting di Indonesia. Selain itu kereta api merupakan moda transportasi massal yang paling efektif hingga sekarang untuk mengangkut barang atau muatan dalam jumlah besar atau kecil untuk jarak jauh maupun jarak dekat dengan waktu yang relatif lebih cepat. Dengan moda transportasi kereta api bandara akan mengurangi masalah kemacetan khususnya akses menuju ke bandara yang saat ini kian meningkat, dan dapat memangkas waktu perjalanan yang terbuang sia-sia karena kemacetan tersebut. Serta untuk penumpang pesawat terbang dari daerah-daerah di perbatasan antara Jawa Timur dan Jawa Tengah dapat memanfaatkan kereta bandara ini untuk menuju Bandara Adi Sumarmo.

Kereta bandara ini akan menghubungkan Stasiun Solo Balapan hingga Bandara Adi Sumarmo. Rencana pemerintah yang akan membagi pengerjaan proyek kereta api bandara menjadi dua segmen yaitu segmen satu dari Stasiun Solo Balapan-Stasiun Solo Balapan Baru dan segmen dua dari Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo yang mana pada segmen satu akan menggunakan jalur eksisting yang sudah ada dan segmen dua akan menggunakan trase baru. Tugas Akhir ini akan membahas mengenai alternatif perencanaan trase pada segmen dua. Pada segmen tersebut akan diberikan tiga alternatif pilihan trase yang kemudian akan dipilih satu yang paling efisien berdasarkan *Multi Criteria Analysis* yang akan menjadi acuan dalam perencanaan pembangunan jalur kereta api bandara pada segmen dua. Dari hasil trase terpilih akan direncanakan desain geometrik, perhitungan *cut and fill*, desain *layout* emplasemen, dan rencana anggaran biaya. Sehingga diharapkan mampu menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan pembangunan proyek kereta api bandara khususnya pada segmen dua yang akan beroperasi dari Stasiun Solo Balapan Baru-Stasiun Bandara Adi Sumarmo.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan trase terbaik dengan *Multy Criteria Analysis*?
2. Bagaimana perencanaan desain geometrik jalur kereta api dari Stasiun Solo Balapan Baru-Stasiun Bandara Adi Sumarmo yang paling efisien dengan mempertimbangkan posisi trase?
3. Bagaimana perhitungan *cut and fill* jalur kereta api dari Stasiun Solo Balapan Baru-Stasiun Bandara Adi Sumarmo?
4. Bagaimana desain *layout* emplasemen stasiun kereta api yang baru?
5. Berapa rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk membangun jalur kereta api dari Stasiun Solo Balapan Baru-Stasiun Bandara Adi Sumarmo?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan trase terbaik dengan *Multy Criteria Analysis*.
2. Merencanakan desain geometrik jalur kereta api dari Stasiun Solo Balapan Baru-Stasiun Bandara Adi Sumarmo yang paling efisien dengan mempertimbangkan posisi trase.
3. Menghitung *cut and fill* jalur kereta api dari Stasiun Solo Balapan Baru-Stasiun Bandara Adi Sumarmo.
4. Merencanakan desain *layout* emplasemen pada stasiun baru yang disesuaikan dengan jalur kereta api dari Stasiun Solo Balapan Baru-Stasiun Bandara Adi Sumarmo.
5. Mengetahui anggaran biaya yang diperlukan untuk membangun jalur kereta api dari Stasiun Solo Balapan Baru-Stasiun Bandara Adi Sumarmo.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

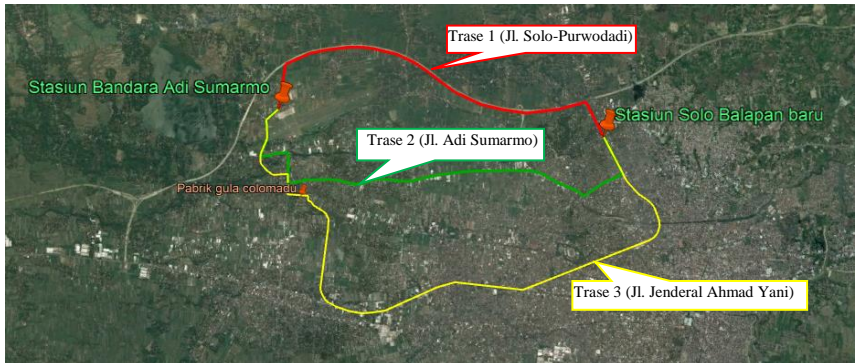
1. Menggunakan struktur jalan rel dengan lebar sepur standar Indonesia yaitu 1067 mm.
2. Tidak membahas konstruksi rel yang meliputi sambungan rel, pengelasan rel, bantalan, dan wesel.
3. Tidak membahas mengenai persinyalan, jembatan, maupun infrastruktur kereta api lainnya.
4. Tidak memperhitungkan kekuatan timbunan tanah di sekitar perencanaan jalan rel.
5. Tidak memperhitungkan sistem drainase jalan rel.
6. Tidak memperhitungkan *headway* kereta bandara.
7. Tidak membahas teknis pelaksanaan.
8. Tidak menghitung *cashflow* dari perencanaan anggaran biaya konstruksi.

1.5 Manfaat Penulisan

Pembuatan Tugas Akhir ini diharapkan memberikan manfaat bagi penulis pribadi dan PT. KAI maupun pemerintah sehingga dapat meningkatkan fungsi dari moda transportasi perkeretaapian. Selain itu diharapkan mampu memberikan solusi master plan pemerintah tentang kereta bandara yang nantinya akan dioperasikan di Indonesia.

1.6 Lokasi Studi

Lokasi studi yang ditinjau untuk Tugas Akhir ini adalah mulai dari Stasiun Solo Balapan Baru-Stasiun Bandara Adi Sumarmo.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Studi
(Sumber : Google Earth, 2018)

Tugas Akhir ini akan membahas dari 3 alternatif trase seperti pada Gambar 1.1 yang menghubungkan Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo yang didapat dengan *multy criteria analysis*. Dalam memilih ketiga trase tersebut, ada beberapa alasan yang jadi bahan pertimbangan, seperti :

- a. Trase 1 (Jl. Solo-Purwodadi)
 - Trase ini merupakan rencana trase yang akan digunakan oleh pemerintah untuk proyek kereta bandara ini.
 - Trase ini akan berada sejajar dengan jalan tol Solo-Kertosono sehingga akan mempermudah pengerjaan karena sudah ada trase eksisting dari jalan tol.

- b. Trase 2 (Jl. Adi Sumarmo)
 - Dekat dengan universitas Poltekes Surakarta Kampus 2.
 - Melewati daerah komersil.
 - Jarak antara Stasiun Solo Balapan Baru dengan Bandara Adi Sumarmo pada trase 2 yang relatif lebih dekat.
- c. Trase 3 (Jl. Jenderal Ahmad Yani)
 - Dekat dengan Universitas Muhammadiyah Surakarta.
 - Melewati Stasiun Purwosari dan Stasiun Solo Balapan.
 - Dekat dengan stadion Manahan Surakarta.
 - Melewati daerah komersil khususnya hotel.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Moda Transportasi Rel

Perkeretaapian adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas sarana, prasarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api. Dalam perkeretaapian dibutuhkan jalur khusus untuk kereta api, yang mana jalur tersebut terdiri atas rangkaian petak jalan rel yang meliputi ruang manfaat jalur kereta api, ruang milik jalur kereta api, dan ruang pengawasan jalur kereta api, termasuk bagian atas dan bawahnya yang diperuntukkan bagi lalu lintas kereta api (Peraturan Pemerintah No.56 Tahun 2009 Tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian).

2.2 Kecepatan dan Beban Gandar

2.2.1 Kecepatan

A. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang digunakan untuk merencanakan konstruksi jalan rel. Adapun beberapa bentuk kecepatan rencana digunakan untuk :

- a) Untuk perencanaan struktur jalan rel.

$$V_{rencana} = 1,25 \times V_{maksimum} \dots \dots \dots (2.1)$$

- b) Untuk perencanaan jari-jari lengkung lingkaran dan lengkung peralihan

$$V_{rencana} = V_{maksimum} \dots \dots \dots (2.2)$$

- c) Untuk perencanaan peninggian rel

$$V_{rencana} = c \times \frac{\sum Ni \times Vi}{\sum Ni} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

c = 1,25

Ni = Jumlah Kereta api yang lewat

Vi = Kecepatan Operasi

B. Kecepatan Maksimum

Kecepatan maksimum adalah kecepatan tertinggi yang diijinkan untuk operasi suatu rangkaian kereta pada lintas tertentu. Ketentuan pembagian kecepatan maksimum dalam perencanaan geometrik dapat dilihat pada Tabel 2.1 Lebar Jalan Rel 1067 mm.

C. Kecepatan Operasi

Kecepatan operasi adalah kecepatan rata-rata kereta api pada petak jalan tertentu.

D. Kecepatan Komersial

Kecepatan komersial adalah kecepatan rata-rata kereta api sebagai hasil pembagian jarak tempuh dengan waktu tempuh. Beban gandar maksimum yang dapat diterima oleh struktur jalan rel di Indonesia untuk semua kelas jalan adalah 18 ton (Peraturan Menteri No. 60 Tahun 2012).

2.2.2 Beban Gandar

Beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Beban gandar maksimum untuk lebar jalan rel 1067 mm pada semua kelas jalur adalah sebesar 18 ton. Beban gandar untuk lebar jalan rel 1435 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 22,5 ton.

2.3 Standart Jalan Rel

2.3.1 Klasifikasi Jalan Rel

Jalan rel diklasifikasikan berdasarkan daya angkut lintas (ton/tahun), seperti pada Tabel 2.1 di bawah ini :

Tabel 2. 1 Lebar Jalan Rel 1067 mm

Kelas Jalan	Daya Angkut lintas (ton/tahun)	V max (km/jam)	P maks gandar (ton)	Tipe Rel	Jenis Bantalan Jarak antar sumbu bantalan (cm)	Jenis Penambat	Tebal balas atas (cm)	Lebar bahu balas (cm)
I	> 20x10 ⁶	120	18	R.60 / R.54	Beton 60	Elastis Ganda	30	60

II	$10 \times 10^6 - 20 \times 10^6$	110	18	R.54/R.50	<u>Beton / Kayu</u> 60	Elastis Ganda	30	50
III	$5 \times 10^6 - 10 \times 10^6$	100	18	R.54/R.50/ R.42	<u>Beton / Kayu / Baja</u> 60	Elastis Ganda	30	40
IV	$2,5 \times 10^6 - 5 \times 10^6$	90	18	R.54/R.50/ R.42	<u>Beton / Kayu / Baja</u> 60	Elastis Ganda / Tunggal	25	40
V	$< 2,5 \times 10^6$	80	18	R.42	<u>Kayu / Baja</u> 60	Elastis Tunggal	25	35

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012

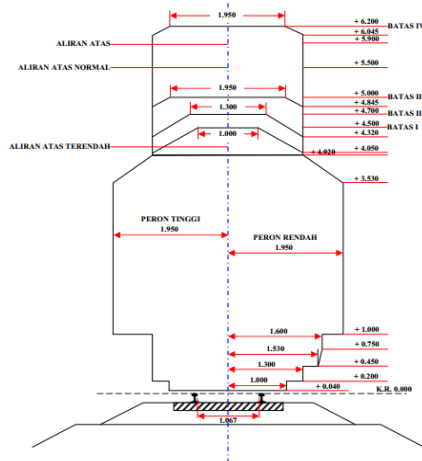
2.3.2 Pengalokasian Ruang Operasi

Pengalokasian ruang untuk pengoperasian jalur kereta api diperlukan beberapa pengaturan ruang, yaitu :

A. Ruang Bebas

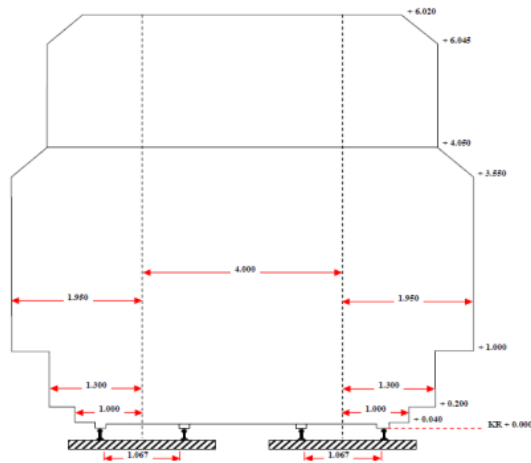
Ruang bebas adalah ruang ruang di atas jalan rel yang senantiasa harus bebas dari segala rintangan dan benda penghalang; ruang ini disediakan untuk lalu lintas

rangkaian kereta api. Ukuran ruang bebas untuk jalur tunggal saat kondisi lurus, dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan untuk jalur ganda dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini :



Gambar 2. 1 Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Pada Jalur Lurus untuk Jalur Tunggal

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012



Gambar 2. 2 Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Pada Jalur Lurus untuk Jalur Ganda

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012

B. Ruang Bangun

Ruang bangun adalah ruang disisi sepur yang senantiasa harus bebas dari segala bangunan tetap antara lain :

- Tiang semboyan
- Tiang listrik, dan
- Pagar.

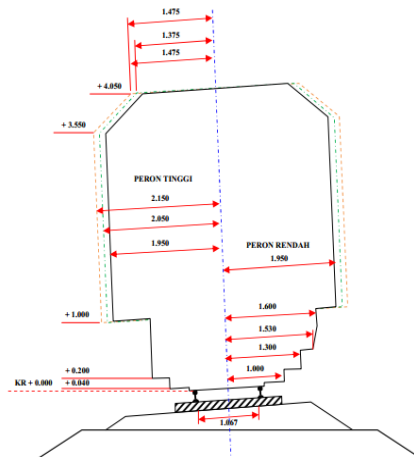
Batas ruang bangun bangun dapat diketahui dari pengukuran jarak dari sumbu jalan rel pada tinggi 1 meter sampai 3,55 meter, dengan ketentuan seperti yang tercantum pada Tabel 2.2 di bawah ini :

Tabel 2. 2 Jarak Ruang Bangun

Segmen Jalur	Lebar Jalan Rel 1067 mm	
	Jalur Lurus	Jalur Lengkung $R < 800$
Lintas Bebas	Minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel	$R \leq 300$, minimal 2,55 m $R > 300$, minimal 2,45 m Di kiri kanan as jalan rel
Emplasemen	Minimal 1,95 m di kiri kanan as jalan rel	Minimal 2,35 m di kiri kanan as jalan rel
Jembatan, Terowongan	2,15 m di kiri dan kanan as jalan rel	2,15 m di kiri kanan as jalan rel

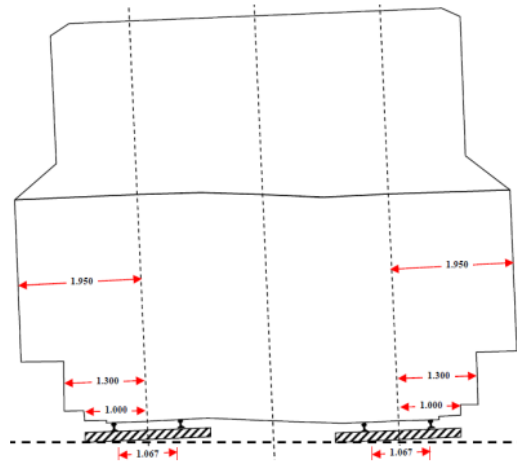
Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012

Penentuan detail dimensi dari ruang bangun pada jalur tunggal kereta api pada saat kondisi berbelok, akan di tampilkan pada Gambar 2.3 dan untuk jalur ganda dapat dilihat pada Gambar 2.4 di bawah ini :



Gambar 2. 3 Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Pada Lengkungan untuk Jalur Tunggal

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012



Gambar 2. 4 Ruang Bebas Lebar Rel 1067 mm Pada Lengkungan untuk Jalur Tunggal

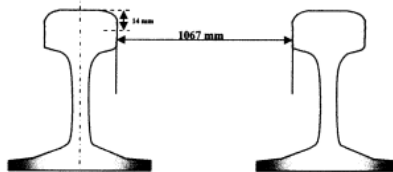
Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012

2.4 Geometrik Jalan Rel

Perencanaan geometrik jalan rel harus direncanakan berdasarkan pada kecepatan rencana dan ukuran kereta yang akan melewati di atasnya dengan memperhatikan keserasian dengan lingkungan di sekitarnya.

2.4.1 Lebar Jalan Rel

Untuk kelas lebar jalan rel lebar 1067 mm yang merupakan jarak terkecil antara kedua sisi kepala rel, diukur pada daerah 0-14 mm di bawah permukaan teratas kepala rel, seperti yang terlihat pada Gambar 2.5 :



Gambar 2. 5 Lebar Jalan Rel 1067 mm

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012

2.4.2 Kelandaian Medan

Persyaratan kelandaian yang harus dipenuhi meliputi persyaratan landai penentu, persyaratan landai curam dan persyaratan landai emplasemen.

A. Pengelompokan Lintas

Berdasarkan pada kelandaian dari sumbu dan rel dapat dibedakan menjadi empat jenis kelandaian berdasarkan lintas seperti Tabel 2.3 di bawah ini :

Tabel 2. 3 Pengelompokan Lintas Berdasarkan pada Kelandaian

Kelompok	Kelandaian
Emplasemen	0 sampai 1,5 ‰
Lintas Datar	0 sampai 10 ‰
Lintas Pegunungan	10 ‰ sampai 40 ‰
Lintas dengan rel gigi	40 ‰ sampai 80 ‰

Sumber : Peraturan Menteri 60, 21012

B. Landai Penentu

Landai penentu adalah suatu kelandaian (pendakian) yang terbesar yang ada pada suatu lintas lurus. Besar landai penentu terutama berpengaruh pada kombinasi daya tarik lokomotif dan rangkaian yang dioperasikan seperti pada Tabel 2.4 di bawah ini :

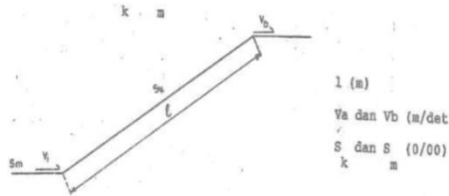
Tabel 2. 4 Landai Penentu Maksimum

Kelas Jalan Rel	Landai Penentu Maksimum
1	10 ‰
2	10 ‰
3	20 ‰
4	25 ‰
5	25 ‰

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012

C. Landai Curam

Landai curam adalah keadaan yang memaksa kelandaian (pendakian) dari lintas lurus yang melebihi landai penentu. Panjang maksimum landai curam dapat dilihat pada Gambar 2.6 di bawah ini :



Gambar 2. 6 Landai Curam

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012

$$l = \frac{V_a^2 - V_b^2}{2g \times (S_k - S_m)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

L = Panjang maximum landai curam (m).

Va = Kecepatan minimum yang diijinkan dikaki landai curam m/detik.

Vb = Kecepatan minimum dipuncak landai curam (m/detik)
 $v_b \geq \frac{1}{2} v_a$.

g = Percepatan gravitasi.

Sk = Besar landai curam (‰)

Sm = Besar landai penentu (‰)

D. Landai Pada Lengkung atau Terowongan

Apabila di suatu kelandaian terdapat lengkung atau terowongan, maka kelandaian di lengkung atau terowongan itu harus dikurangi sehingga jumlah tahanannya tetap.

2.4.3 Lengkung Vertikal

Alinemen vertikal merupakan proyeksi sumbu jalan rel pada bidang vertikal yang melalui sumbu jalan rel tersebut. Besar jari-jari minimum dari lengkung vertikal tergantung pada

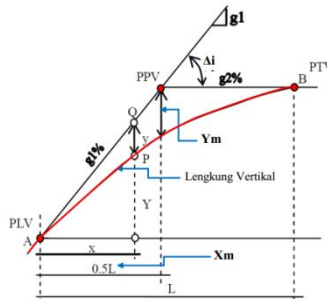
besarnya kecepatan rencana seperti yang tercantum dalam Tabel 2.5 di bawah ini :

Tabel 2. 5 Jari-Jari Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan rencana (km / jam)	Jari – jari minimum lengkung vertikal (m)
Lebih besar dari 100	8000
Sampai 100	6000

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012

Pada saat merencanakan lengkung vertikal, harus memperhitungkan bagian-bagian lengkung seperti yang terlihat pada Gambar 2.7 berikut ini :



Gambar 2. 7 Lengkung Vertikal

Sumber : Utomo, 2009

Dari Gambar 2.5, maka untuk menghitung lengkung vertikal akan dijelaskan dengan persamaan 2.7-2.12 sebagai berikut :

$$X_m = \frac{R}{2} \times \theta \dots\dots\dots(2.7)$$

$$Y_m = \frac{R}{8} \times \theta^2 \dots\dots\dots(2.8)$$

$$L = \frac{G_1 - G_2}{r} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\text{Elevasi PLV} = \text{PPV} - G_1 \times \frac{1}{2} \times L \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\text{Elevasi PTV} = \text{PPV} - G_2 \times \frac{1}{2} \times L \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\text{Elevasi PPV} = \text{PPV} - \frac{\Delta i \times L}{800} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

- R = Jari-jari lengkung vertikal (m)
 θ = Perbedaan landai (%)
 A = Titik pertemuan antara perpanjangan ke dua landai
 OA = $\frac{1}{2} \times L$
 G1, G2 = Prosentase kemiringan (%)
 L = Panjang lengkung (kelipatan 100 ft)
 r = Perubahan kemiringan (tiap 100 ft) (%)

Terdapat 2 macam lengkung vertikal yaitu :

- a) Lengkung vertikal cekung (-)



Gambar 2. 8 Leengkung Vertikal Cekung

Sumber : Utomo, 2009.

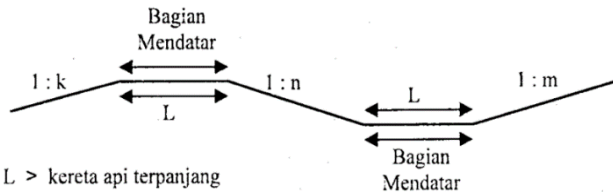
- b) Lengkung vertikal cembung (+)



Gambar 2. 9 lengkung Vertikal Cembung

Sumber : Utomo, 2009

Apabila suatu tanjakan diikuti oleh turunan atau sebaliknya yaitu turunan diikuti tanjakan, maka di antara lengkung vertikal yang merupakan lengkung transisi harus dibuat “bagian mendatar” yang panjangnya tidak boleh kurang dari kereta api terpanjang yang melalui jalan rel tersebut (**Subarkah 1981**).



Gambar 2. 10 Bagian Mendatar Diantara Lengkung Vertikal

Sumber : Utomo, 2009

2.4.4. Lengkung Horisontal

Dua bagian lurus, yang perpanjangannya saling membentuk sudut harus dihubungkan dengan lengkung yang berbentuk lingkaran, dengan atau tanpa lengkung-lengkung peralihan.

Untuk menentukan besarnya kecepatan rencana, besarnya jari-jari minimum dengan lengkung peralihan (*S-C-S*) atau tanpa lengkung peralihan (*SS* dan *Full Circle*) yang diijinkan, dapat dilihat pada Tabel 2.6 :

Tabel 2. 6 Persyaratan Perencanaan Lengkungan

Kecepatan rencana (km/jam)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran tanpa lengkung peralihan (m)	Jari-jari minimum lengkung lingkaran yang diijinkan dengan lengkung peralihan (m)
120	2370	780
110	1990	660
100	1650	550
90	1330	440
80	1050	350
70	810	270
60	600	200

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012

A. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan (*S-C-S*) adalah suatu lengkung dengan jari-jari yang berubah beraturan. Lengkung peralihan dipakai sebagai peralihan antara bagian yang lurus dan bagian lingkaran

dan sebagai peralihan antara dua jari-jari lingkaran yang berbeda. Panjang minimum dari lengkung peralihan ditetapkan dengan Persamaan 2.13 berikut :

$$L_h = 0,01 \times h \times V \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

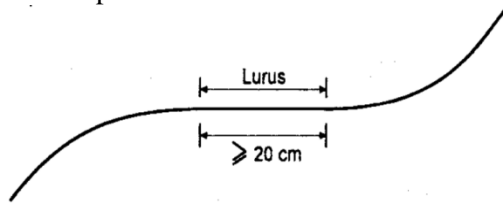
L_h = Panjang minimal lengkung peralihan.

h = Peninggian relative antara dua bagian yang dihubungkan (mm).

V = Kecepatan rencana untuk lengkungan peralihan (km/jam)

B. Lengkung S

Terjadi apabila 2 lengkung dari suatu lintas yang berbeda arah lengkungnya terletak bersambungan. Antara kedua lengkung yang berbeda arah ini harus ada bagian lurus sepanjang paling sedikit 20 meter di luar lengkung peralihan, seperti yang terlihat pada Gambar 2.11 di bawah ini :

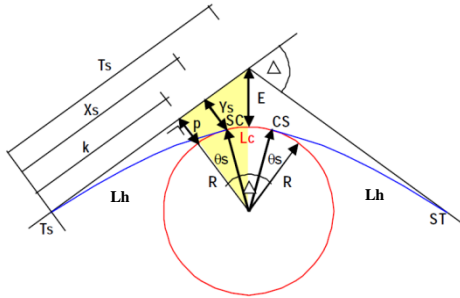


Gambar 2. 11 Lengkung S

Sumber : Utomo, 2009

C. Alur Perhitungan Lengkung Horisontal

Untuk merencanakan suatu lengkung pada jalan rel dimana akan diperhitungkan bagian-bagian lengkung seperti yang terlihat pada Gambar 2.12 di bawah ini :



Gambar 2. 12 Lengkung Horizontal dengan Lengkung Peralihan
 Sumber : Modul 5. **Geometrik Jalan Raya dan Rel**

Dari gambar diatas, maka langkah-langkah untuk menghitung nilai alinyemen horizontal akan dijelaskan dengan persamaan 2.14-2.23 sebagai berikut :

$$h = 5,95 \times \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$Lh = 0,01 \times h \times V \dots\dots\dots(2.15)$$

$$\theta_s = \frac{90 \times Lh}{\pi \times R} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$Lc = \frac{(\Delta - 2 \theta_s) \times \pi \times R}{180} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$P = \frac{Lh^2}{6 \times R} - R \times (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.18)$$

$$k = Lh - \frac{Lh^3}{40 \times R^2} - (R \times \sin \theta_s) \dots\dots\dots(2.19)$$

$$Ts = (R + p) \times \operatorname{tg} \left(\frac{1}{2} \Delta \right) + k \dots\dots\dots(2.20)$$

$$E = \frac{(R + p)}{\cos \left(\frac{1}{2} \Delta \right)} - R \dots\dots\dots(2.21)$$

$$X_s = L_h \times \left(1 - \frac{L_h^2}{40 \times R^2} \right) \dots\dots\dots(2.22)$$

$$Y_s = \frac{L_h^2}{6 \times R} \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan:

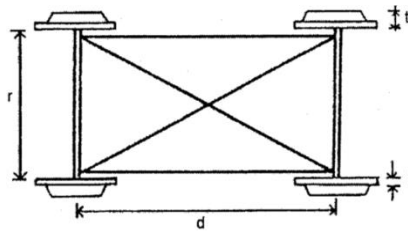
- h = Peninggian rel (mm)
- Lh /Ls = Panjang lengkung peralihan (m)
- Θs = Sudut lengkung peralihan (m)
- Lc = Panjang lengkung lingkaran (m)
- P = Jarak dari busur lingkaran tergeser terhadap sudut tangen (m)
- K = Jarak dari titik Ts ke titik P (m)
- Ts = Jarak dari titik TS ke titik PI (m)
- E = Jarak eksternal total dari PI ke tengah Lc (m)
- Xs = Jarak dari titik TS ke titik proyeksi pusat Ys (m)
- Ys = Jarak dari titik SC ke garis proyeksi TS (m)
- R = Jari-jari rencana (m)
- Δ = Sudut tikungan rencana (°)
- E = jarak dari PI ke sumbu jalan arah pusat lingkaran (m)
- V = Kecepatan rencana (Km/jam)

2.4.5. Pelebaran Jalan Rel

Perlebaran sepur dilakukan agar roda kendaraan rel dapat melewati lengkung tanpa mengalami hambatan. Pelebaran jalan rel dicapai dengan menggeser rel dalam kearah dalam. Terdapat tiga faktor yang sangat berpengaruh terhadap besarnya pelebaran jalan rel, yaitu :

- a) Jari-jari lengkung.
- b) Ukuran atau jarak gandar muka-belakang yang kokoh (*rigid wheel base*)
- c) Kondisi keausan roda dan rel.

Ukuran atau jarak gandar muka – belakang yang kokoh (*rigid wheel base*) dengan menggunakan sistem pendekatan indonesia seperti pada Gambar 2.13 di bawah ini :



Gambar 2. 13 Ukuran Gandar Teguh yang Digunakan di Indonesia

Sumber : Utomo, 2009

Keterangan :

d = 3000 mm atau 4000 mm

m = 1000 mm

f = 30 mm

t = 130 mm

Jika (R) makin kecil dan (d) semakin besar, kemungkinan terjadi adalah terjepitnya kereta dalam rel. Supaya kedudukan roda dan rel tidak terjepit diperlukan pelebaran sepur (w) dengan pendekatan matematis.

- Untuk d = 3 m dan e = 4 mm (S = 1067 mm)

$$p = \frac{4500}{R} - 8(\text{mm}) \dots\dots\dots(2.24)$$

- Untuk d = 4 m dan e = 4 mm (S = 1067 mm)

$$p = \frac{8000}{R} - 8(\text{mm}) \dots\dots\dots(2.25)$$

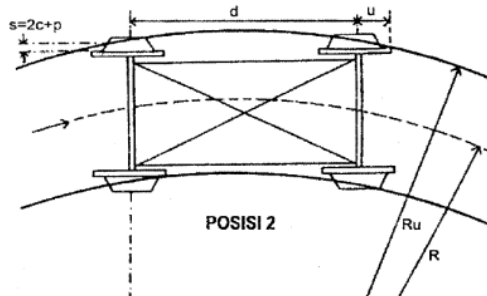
Persamaan (2.25) merupakan persamaan umum yang diaplikasikan oleh Peraturan Dinas No.10 tahun 1986 yang digunakan di Indonesia untuk menentukan besarnya pelebaran pada sepur kereta api, seperti yang tercantum pada Tabel 2.7 :

Tabel 2. 7 Pelebaran Sepur

Jari – jari tikungan (m)	Pelebaran (mm)
$R > 600$	0
$550 < R \leq 600$	5

$400 < R \leq 550$	10
$350 < R \leq 400$	15
$100 < R \leq 350$	20

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012



Gambar 2. 14 Pelebaran Gandar pada Jalan Rel

Sumber : Utomo, 2009

2.4.6. Peninggian Rel

Pada lengkungan, elevasi rei luar dibuat lebih tinggi dari pada rel dalam untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang dialami oleh rangkaian kereta. Peninggian rel dicapai dengan menempatkan rel dalam pada tinggi semestinya dan rel luar lebih tinggi. Peninggian rel diperlukan untuk mengimbangi timbulnya gaya sentrifugal pada kereta saat memasuki suatu lengkung horisontal. Gaya sentrifugal tersebut mengakibatkan kereta cenderung terlempar ke luar dari lengkung. Peninggian rel dibagi menjadi 3 jenis, yaitu :

- h minimum $= 8,8 \times \frac{V^2}{R} - 53,5$ (2.26)

- h normal $= 5,95 \times \frac{V^2}{R}$ (2.27)

- h maksimum $= 110 \text{ mm}$ (2.28)

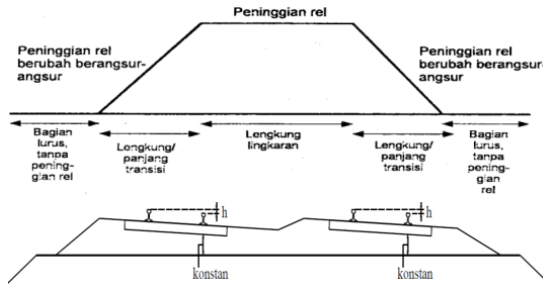
Keterangan :

h = Peninggian rel (mm)

V = kecepatan rencana (km/jam)

R = Jari – jari rencana (m)

Detail peninggian rel pada jalur kereta api seperti Gambar 2.14 di bawah ini :



Gambar 2. 15 Peninggian Rel

Sumber : Utomo, 2009

2.5. Galian dan Timbunan

Pada setiap pekerjaan konstruksi khususnya pengerjaan jalan rel kereta api pasti ada pekerjaan galian dan timbunan. Pekerjaan tersebut akan berpengaruh terhadap volume galian dan timbunan itu sendiri, lama pengerjaan proyek, dan biaya pembangunan proyek. Semakin kecil volume galian dan timbunan, maka akan memperpendek waktu pengerjaan proyek serta dapat menekan biaya pembangunan sebuah proyek. Perhitungan volume galian dan timbunan sering menggunakan bantuan *software autocad* pada gambar *cross section* atau penampang melintang dari perencanaan jalur kereta api.

2.6. Lebar Formasi Badan Jalan Rel

Lebar formasi badan jalan (tidak termasuk parit tepi) adalah jarak dari sumbu jalan rel ke tepi terluar formasi badan jalan. Jarak ini harus diambil lebih besar dari yang ditunjukkan pada Tabel 2.8 di bawah ini :

Tabel 2. 8 Lebar Badan Jalan Rel

Kecepatan Maksimum Desain (km/jam)	L	
	Rel 1067 mm (cm)	Rel 1435 mm (cm)
120 dan 110	315 (300)	426 (396)
100	295 (285)	396 (366)
90	285 (275)	366 (336)
80	250 (240)	335 (305)

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012



Gambar 2. 16 Penampang Rel Tunggal dan Ganda

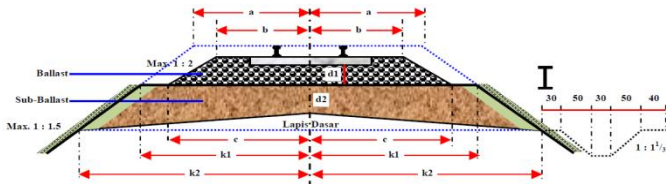
Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012

Untuk perencanaan dimensi badan jalan rel dapat dilihat pada Tabel 2.9 di bawah ini :

Tabel 2. 9 Penampang Melintang Jalan Rel

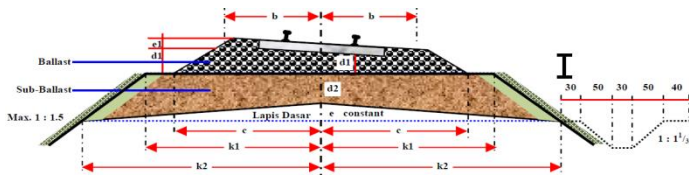
Kelas Jalan	V Maks (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	C (cm)	k1 (cm)	d2 (cm)	e (cm)	k2 (cm)
I	120	30	150	235	265	15 – 50	25	375
II	110	30	150	235	265	15 – 50	25	375
III	100	30	140	225	240	15 – 50	22	325
IV	90	25	140	215	240	15 – 35	20	300
V	80	25	135	210	240	15 – 35	20	300

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012



Gambar 2. 17 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Jalur Lurus (1067 mm)

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012



Gambar 2. 18 Penampang Melintang Jalan Rel Pada Lengkungan (1067 mm)

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012

2.7. Balas dan Sub Balas

Lapisan balas dan sub balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar, dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel. Fungsi utama balas dan sub balas adalah sebagai berikut:

- Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar
- Mengokohkan kedudukan bantalan
- Meluruskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan rel.

2.7.1. Bentuk dan Ukuran Balas

Balas atas terdiri dari batu pecah yang keras dan tahan lama serta bersudut (angular). Substansi yang merugikan tidak boleh terdapat dalam material balas melebihi prosentasi tertentu. Gradasi yang diperbolehkan adalah untuk kelas I, II dipakai

minimal ukuran $2\frac{1}{2}'' - \frac{3}{4}''$ untuk kelas III dan IV dipakai ukuran minimal $2'' - 1''$.

$$b > \left(\frac{1}{2} \times L \right) + X \dots\dots\dots (2.29)$$

Keterangan :

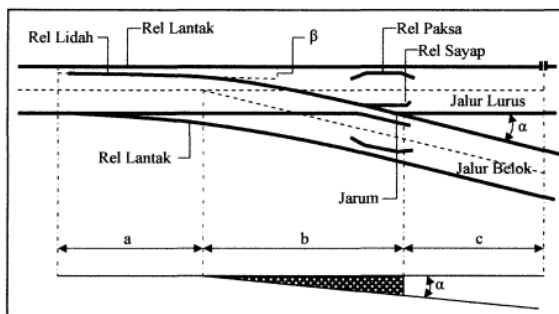
- L = Panjang bantalan (cm)
 X = 50 cm untuk kelas jalan I dan II
 = 40 cm untuk kelas jalan III dan IV
 = 35 cm untuk kelas jalan V

2.7.2. Bentuk dan Ukuran Sub Balas

Untuk lapisan balas bawah, materialnya terdiri dari kerikil halus, kerikil sedang atau pasir kasar yang berfungsi sebagai lapisan penyaring (filter) antara tanah dasar dan lapisan balas dan harus dapat mengalirkan air dengan baik. Tebal minimum lapisan sub balas adalah 15 cm (Perusahaan Jawatan Kereta Api, 1986).

2.8. Wesel

Wesel merupakan konstruksi jalan rei yang paling rumit dengan beberapa persyaratan dan ketentuan pokok yang harus dipatuhi. Fungsi wesel adalah untuk mengalihkan kereta dari satu sepur ke sepur yang lain. Untuk bagian wesel dapat dilihat pada Gambar 2.19 :



Gambar 2. 19 Detail Komponen Wesel

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012

2.9. Emplasemen Stasiun

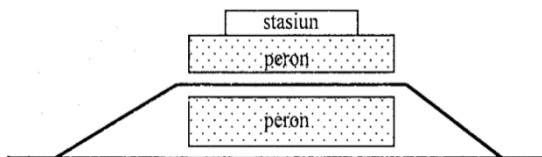
Dalam pengoperasiannya, kereta api memerlukan ketersediaan jalan rel dan kendaraan jalan rel (lokomotif dan gerbong/kereta). Selain itu juga memerlukan juga memerlukan beberapa fasilitas yang difungsikan untuk :

- Memberikan fasilitas naik turunnya penumpang.
- Tempat muat dan bongkar barang angkutan.
- Menyusun lokomotif/kereta/gerbong menjadi rangkaian yang dikehendaki, dan penyimpanan kereta.
- Memberikan kemungkinan dan kesempatan kereta api berpapasan atau menyalip.
- Pemeliharaan dan perbaikan kendaraan jalan rel.

Penentuan letak emplasemen yang efektif seharusnya berada pada pusat kota, untuk memberikan akses yang mudah dijangkau oleh masyarakat yang akan menggunakan moda transportasi kereta api. Berdasarkan kategorinya, emplasemen stasiun atau penumpang dibagi menjadi tiga, yaitu ukuran emplasemen, letak, dan bentuk stasiun. (Subarkah, imam. 1981)

2.9.1. Emplasemen Stasiun Kecil

Emplasemen kecil hanya melayani penumpang lokal. Berikut adalah perencanaan denah emplasemen kecil pada Gambar 2.20.

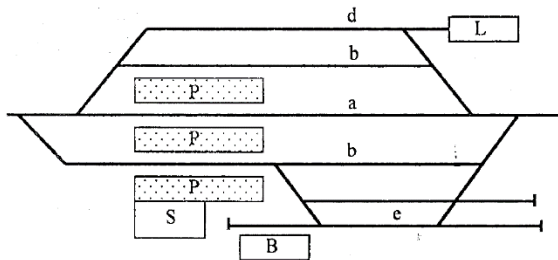


Gambar 2. 20 Emplasemen Stasiun Kecil

Sumber : Utomo, 2009

2.9.2. Emplasemen Stasiun Sedang

Stasiun sedang letaknya berada di kota kecil. Berikut adalah perencanaan denah emplasemen sedang pada Gambar 2.21.



Gambar 2. 21 Emplasemen Stasiun Besar

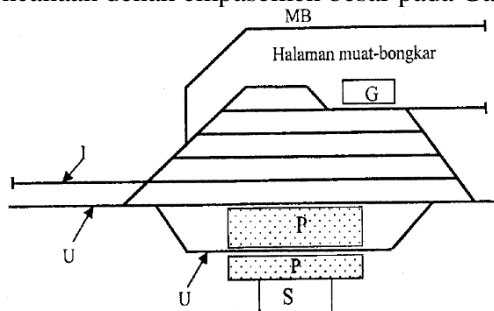
Sumber : Utomo, 2009

Keterangan :

- a = Jalan rel utama
- b = Jalan rel penyimpanan
- c = Jalan rel langsir
- d = Jalan rel untuk lokomotif
- e = Jalan rel untuk kereta barang
- S = Gedung utama stasiun
- B = Tempat bongkar – muat barang
- L = Tempat penyimpanan lokomotif
- P = Peron

2.9.3. Emplasemen Stasiun Besar

Stasiun besar letaknya berada di pusat kota besar. Hampir semua jenis kereta api akan berhenti di stasiun besar. Berikut adalah perencanaan denah empasemen besar pada Gambar 2.22.



Gambar 2. 22 Emplasemen Stasiun Besar

Sumber : Utomo, 2009

Keterangan :

- U = Jalan rel utama
- I = Jalan rel isolasi
- MB = Jalan rel untuk bongkar – muat
- S = Stasiun
- P = Peron
- G = Gudang barang

2.10. Stasiun Kereta Api

Berdasarkan Peraturan Menteri Nomor 29 Tahun 2011 Tentang Persyaratan Teknis Bangunan Stasiun Kereta Api. Posisi stasiun kereta api memiliki persyaratan penempatan sebagai berikut :

- Pembangunan stasiun kereta api lokasinya sesuai dengan pola operasi perjalanan kereta api.
- Menunjang operasional sistem perkeretaapian.
- Tidak mengganggu lingkungan.
- Memiliki tingkat keselamatan dan keamanan berdasarkan ketentuan yang berlaku.

2.10.1. Persyaratan Bangunan

Bangunan stasiun kereta api haruslah memenuhi persyaratan keselamatan dan keamanan gedung dari bahaya banjir, bahaya petir, bahaya kelistrikan, dan bahaya kekuatan konstruksi (Peraturan Menteri Nomor 29 Tahun 2011).

Persamaan untuk menentukan luas bangunan adalah seperti Persamaan 2.36 sebagai berikut :

A. Gedung Kegiatan Pokok

$$L = 0,64 \text{ m}^2/\text{orang} \times V \times LF \dots\dots\dots (2.36)$$

Keterangan :

- L = Luas bangunan (m²)
- V = jumlah rata-rata penumpang per jam sibuk dalam satu tahun (orang)
- LF = *Load Factor* (80%)

B. Gedung Kegiatan Penunjang

Gedung kegiatan penunjang dan gedung jasa pelayanan khusus di stasiun kereta api ditetapkan berdasarkan kebutuhan.

2.10.2. Persyaratan Teknis Peron

Peron memiliki fungsi sebagai tempat yang digunakan untuk aktifitas naik turun penumpang kereta api. Peron dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

A. Tinggi

1. Peron tinggi, tinggi peron 1000 mm, diukur dari kepala rel.
2. Peron sedang, tinggi peron 430 mm, diukur dari kepala rel.
3. Peron rendah, tinggi peron 180 mm, diukur dari kepala rel.

B. Jarak Tepi Peron ke As Jalan rel

1. Peron tinggi, 1600 mm (untuk jalan rel lurus) dan 1650 mm (untuk jalan rel lengkung).
2. Peron sedang, 1350 mm.
3. Peron rendah, 1200 mm.

Untuk menentukan dimensi lebar peron dihitung berdasarkan jumlah penumpang dengan menggunakan Persamaan 2.37 sebagai berikut:

$$b = \frac{0,64m^2/orang \times V \times LF}{I} \dots\dots\dots(2.37)$$

Keterangan :

b = Lebar peron (meter)

V = Jumlah rata-rata penumpang per jam sibuk dalam satu tahun (orang)

LF = *Load Factor* (80%)

I = Panjang peron sesuai dengan rangkaian terpanjang kereta api penumpang yang beroperasi (meter)

Hasil perhitungan lebar peron dengan menggunakan formula Persamaan 2.36 tidak boleh kurang dari ketentuan lebar peron minimal seperti Tabel 2.10 di bawah ini :

Tabel 2. 10 Lebar Minimum Peron

No.	Jenis Peron	Di Antara Dua Jalur (Island Platform)	Di Tepi Jalur (Side Platform)
1.	Tinggi	2 meter	1,65 meter
2.	Sedang	2,5 meter	1,9 meter
3.	Rendah	2,8 meter	2,05 meter

Sumber : Peraturan Menteri 29, 2011

2.11. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya merupakan perencanaan besarnya biaya yang akan dikeluarkan dalam pelaksanaan pembangunan proyek yang sudah direncanakan sebelumnya. Anggaran tersebut diperoleh dari hasil perkalian satuan-satuan harga dengan volume yang diperlukan untuk membangun proyek tersebut. Volume-volume yang didapat berdasarkan gambar perencanaan.

2.11.1. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan jumlah pekerjaan dalam satuan yang nantinya akan dijadikan faktor pengali untuk harga satuan. Volume pada perencanaan pekerjaan pembangunan jalan rel kereta api yang dihitung dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a) Pengadaan bahan material.
- b) Pekerjaan persiapan.
- c) Pekerjaan tanah (*cut and fill* pada *cross section*).
- d) Konstruksi jalan rel.
- e) Pekerjaan balas.
- f) Pekerjaan lain-lain.

2.11.2. Harga Satuan Pekerjaan (HSPK)

Harga Satuan Pekerjaan merupakan hasil yang diperoleh dari proses perhitungan bagian penunjang pekerjaan antara lain berupa harga satuan dasar untuk bahan, alat, upah, tenaga kerja, serta biaya umum dan laba. Dalam perencanaan pembangunan konstruksi jalan rel kereta api, penentuan harga satuan pekerjaan mengacu pada PM Nomor 83 tahun 2011 tentang standart biaya kementerian perhubungan tahun anggaran 2012.

2.12. Penentuan Alternatif Trase Terpilih

Dalam menentukan satu trase terpilih akan dilakukan sebuah metode yakni metode *multi criteria analysis*. Menurut **Tamin (2002)** menjelaskan bahwa analisa multi kriteria merupakan alternatif teknik yang mampu menggabungkan sejumlah kriteria dengan besaran yang berbeda (*multi-variable*) dan dalam persepsi pihak terkait yang bermacam-macam (*multi-facet*). Lebih lanjut, **Tamin (2002)** menjelaskan bahwa dalam pengembangan sistem jaringan jalan harus dikembangkan pola partisipatif (*stakeholders*), maka salah satu pendekatan perencanaan yang memungkinkan diakomodasikannya sejumlah kepentingan dan sejumlah kriteria dalam proses pengambilan keputusan adalah analisis multi kriteria. Dalam penentuan kriteria yang akan digunakan untuk penilaian, penulis menentukannya berdasarkan kisaran *demand* yang cukup tinggi apabila akan dibangun sebuah jalur untuk kereta api bandara. Selain itu, penentuan kriteria juga berdasarkan dari pendapat *stakeholders* yang mana di Tugas Akhir ini adalah dosen yang sesuai dengan bidang Tugas Akhir ini. Kriteria yang menjadi parameter dalam penentuan trase terpilih menggunakan *multi criteria analysis* dalam tugas akhir ini adalah :

- Panjang rencana trase jalur kereta api.
- Posisi rencana trase (*elevated*)
- Apakah rencana trase tersebut melewati perumahan.
- Apakah rencana trase tersebut melewati pusat komersial.
- Apakah rencana trase tersebut melewati universitas.
- Apakah rencana trase tersebut melewati terminal bus/stasiun kereta api.

2.13. Posisi Trase Terhadap Elevasi Muka Tanah

Penentuan letak trase yang akan direncanakan sangat bergantung dengan kondisi lingkungan sekitar yang dapat dilihat dari peta rupa bumi. Dari analisa kondisi lingkungan sekitar trase akan dapat disimpulkan apakah trase tersebut sebidang dengan

jalan raya (*at grade*) atau posisi trase yang elevasinya lebih tinggi dari jalan raya (*elevated*).



Gambar 2. 23 Posisi Trase At Grade

Sumber : (www.google.com, 2018)



Gambar 2. 24 Posisi Trase Elevated

Sumber : (www.google.com, 2018)

BAB III METODOLOGI

3.1. Umum

Metodologi dalam proses pengerjaan Tugas Akhir merupakan langkah-langkah yang harus dilakukan guna mempermudah pelaksanaan studi hingga mencapai tujuan yang telah direncanakan. Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, adapun tahapan-tahapan yang perlu dilakukan, seperti di bawah ini:

3.2. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahapan awal sebelum memulai analisa dari rumusan masalah yang telah dibuat. Pada tahap ini lebih ditekankan mengenai cara memperoleh data yang akan dijadikan dasar untuk menjawab rumusan masalah. Proses dalam tahap persiapan adalah menentukan data-data apa saja yang diperlukan untuk perencanaan jalur kereta bandara.

3.3. Tahap Pengumpulan Data

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dibutuhkan data baik itu data primer maupun data sekunder yang akan digunakan sebagai dasar untuk melakukan perhitungan hingga mencapai tujuan yang telah direncanakan. Berikut adalah data-data yang diperlukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini :

3.3.1.Data Sekunder

- a. Peta Bakosurtanal daerah Surakarta. Dari peta tersebut akan diubah menjadi peta kontur dengan menggunakan bantuan *software Global Mapper*.
- b. Data gerbong kereta penumpang yang akan digunakan dalam proyek kereta Bandara Adi Sumarmo dari Buku Informasi Perkeretaapian tahun 2014.
- c. Data spesifikasi bantalan untuk konstruksi jalan rel yang akan digunakan.
- d. Data-data literatur yang dibutuhkan untuk membantu dalam perencanaan jalan rel kereta api, diantaranya :

- Guillermo A. Mendoza dan Phil Macoun Tentang Panduan Untuk Menerapkan Analisis Multikriteria Dalam Menilai Kriteria dan Indikator.
- Peraturan Menteri No.11 Tahun 2012 Tentang Tata Cara Penetapan Trase Jalur Kereta Api.
- Peraturan Menteri No.60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.
- Peraturan Menteri No.29 Tahun 2011 Tentang Persyaratan Teknis Bangunan Stasiun Kereta Api.
- Peraturan Menteri No. 56 Tahun 2009 Tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian.
- Peraturan Menteri No.83 Tahun 2011 Tentang Standar Biaya Kementerian Perhubungan Tahun Anggaran 2012.
- Suryo Hapsoro Tri Utomo Tahun 2009 Tentang Jalan Rel.
- Subarkah I Tahun 1981 Tentang Jalan Kereta Api.
- Modul Geometrik Rekayasa Jalan Raya dan Jalan Rel (PS-1364) Jurusan Teknik Sipil ITS.
- Modul Prasarana Transportasi Jalan Rel Jurusan Teknik Sipil UMY.

3.4. Analisa Pemilihan Trase

Dalam perencanaan kereta bandara ini, akan diberikan pilihan alternatif tiga trase. Dari ketiga trase tersebut akan dipilih satu trase terbaik yang memungkinkan untuk dibangunnya jalan kereta mulai dari Stasiun Solo Balapan Baru-Stasiun Bandara Adi Sumarmo menggunakan *multy criteria analysis*.

3.5. Tahap Analisa Data

Pada tahap ini akan dilakukan proses mengolah data. Pengolahan data tersebut untuk mendapatkan *output* berupa desain geometrik, perhitungan *cut and fill*, perencanaan struktur jalan rel kereta api, perencanaan emplasemen, dan menghitung rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk membangun jalur kereta api bandara ini. Tahapan analisa data akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Analisa Perencanaan Geometrik

Perencanaan jalan kereta api bandara dari Stasiun Solo Balapan Baru-Stasiun Bandara Adi Sumarmo adalah hasil dari tiga alternatif trase terpilih yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya, yaitu tahap analisa pemilihan trase. Setelah itu akan direncanakan geometrik jalan rel dari trase terpilih sesuai dengan Peraturan Menteri No.60 tentang persyaratan teknis jalur kereta api tahun 2012. Perencanaan geometrik tersebut meliputi:

- Lebar Jalan Rel
- Kelandaian Medan
- Lengkung Horizontal
- Lengkung Vertikal
- Pelebaran Jalan Rel
- Peninggian Jalan Rel

b. Perhitungan *Cut and Fill*

Perhitungan *cut and fill* didapatkan dari gambar cross section atau potongan melintang trase jalan rel yang telah didapatkan dari aplikasi autocad. *Cut and fill* ini akan digunakan sebagai dasar untuk menghitung volume dalam rencana anggaran biaya.

c. Perencanaan Emplasemen

Perencanaan emplasemen baru akan direncanakan sesuai dengan trase terpilih mulai dari Stasiun Solo Balapan Baru-Stasiun Bandara Adi Sumarmo. Letak emplasemen baru nantinya akan disesuaikan dengan kondisi eksisting daerah yang dilalui jalur kereta bandara ini agar memudahkan masyarakat yang akan mengakses kereta bandara tersebut.

d. Penggambaran Konstruksi Tipikal

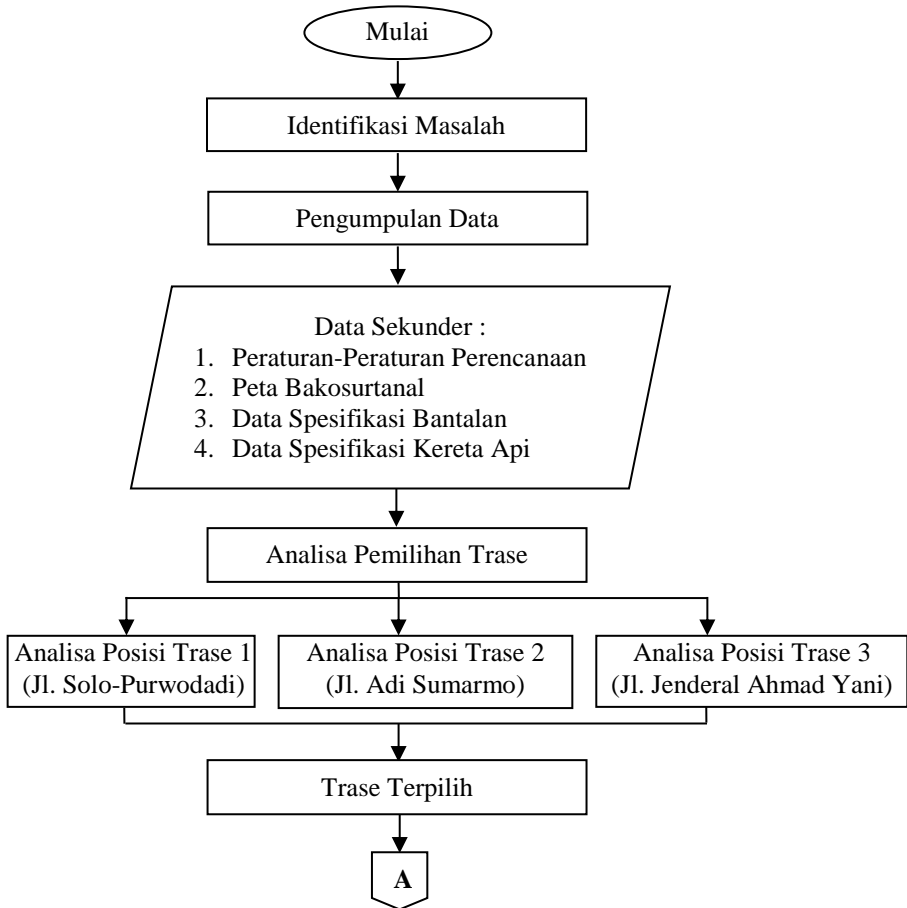
Penggambaran konstruksi tipikal meliputi penggambaran trase terpilih beserta *long section*, *cross section*, lengkung horizontal, lengkung vertikal, diagram superelevasi, dan konstruksi tipikal posisi trase apabila ada perubahan dari *at grade* ke *elevated*.

3.6. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Dalam pembangunan jalan rel kereta api mulai dari Stasiun Solo Balapan Baru-Stasiun Bandara Adi Sumarmo akan dihitung biaya konstruksi mulai dari awal perencanaan hingga selesainya jalan rel kereta api tersebut.

3.7. Diagram Alir Metodologi

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dimulai dari identifikasi hingga perhitungan Rencana Anggaran Biaya seperti dijelaskan pada Gambar 3.1 di bawah ini :



Gambar 3. 1 Bagan Alir Metodologi



Gambar 3. 2 Bagan Alir Metodolgi (Lanjutan)

BAB IV

ANALISA PEMILIHAN TRASE DAN PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN REL

Pada bab ini akan membahas mengenai ketiga alternatif trase rencana untuk kereta bandara Solo. Analisa pemilihan trase dilakukan dengan *multy criteria analysis* pada tiap-tiap alternatif trase yang kemudian akan dipilih alternatif trase yang paling baik berdasarkan pembobotan dari masing-masing kriteria. Dari trase yang terpilih nantinya akan dilakukan perhitungan desain geometrik jalur kereta bandara yang menghubungkan Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo.

4.1 Alternatif Trase

Pengambilan pilihan untuk alternatif trase jalur kereta api bandara Solo, akan ada tiga trase yang dijelaskan di dalam tugas akhir ini. Dalam pemilihan ketiga alternatif trase tersebut, terdapat beberapa pertimbangan alasan mengapa memilih tiga lokasi yang berbeda. Pertimbangan-pertimbangan tersebut antara lain :

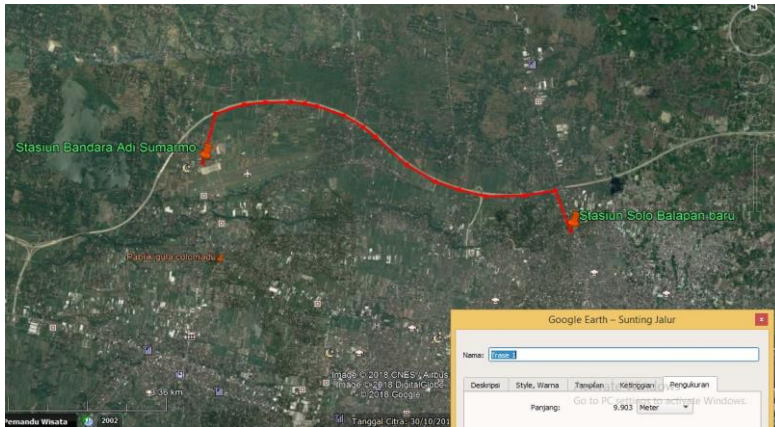
- Panjang rencana trase jalur kereta api.
- Posisi rencana trase (*elevated*)
- Apakah rencana trase tersebut melewati perumahan.
- Apakah rencana trase tersebut melewati pusat komersial.
- Apakah rencana trase tersebut melewati universitas.
- Apakah rencana trase tersebut melewati terminal bus/stasiun kereta api.

Setelah keenam kriteria dianalisa pembobotannya, tahap selanjutnya adalah ketiga alternatif trase tersebut akan dipilih yang terbaik dan dilanjutkan untuk analisa geometriknya.

4.1.1. Analisa Alternatif Trase 1 (Jl. Solo-Purwodadi)

Analisa alternatif trase 1 direncanakan posisinya terletak berdampingan dengan Jalan Tol Solo-Kertosono dan merupakan rencana trase yang akan digunakan oleh pemerintah dalam

pembangunan jalur kereta bandara ini. Alternatif trase 1 dengan total panjangnya sebesar 9903 meter dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Alternatif Trase 1
(Sumber : Google Earth, 2018)

Alternatif trase 1 (Jl. Solo-Purwodadi) menggunakan posisi trase *at grade* dan *elevated*. Berawal dari Stasiun Solo Balapan Baru yang terletak di sekitar Jl. Manunggal dan mengikuti jalur kereta api yang sudah ada ke arah Tol Solo-Kertosono hingga mendekati tol, jalur mulai dibuat *elevated*. Berikut pendetailan jalur pada alternatif trase 1 dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Pendetailan Alternatif Trase 1-a
(Sumber : Google Earth, 2018)

Jalur *elevated* dibangun sejajar dengan Tol Solo-Kertosono hingga ke Stasiun Bandara Adi Sumarmo seperti pada Gambar 4.3 di bawah ini.



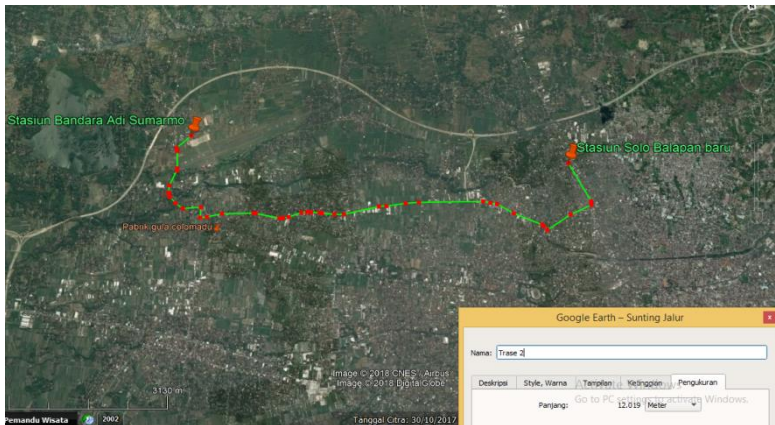
Gambar 4. 3 Pendetailan Alternatif Trase 1-b
(Sumber : Google Earth, 2018)

Pada alternatif trase 1 ini tidak melewati pusat komersil di Kota Solo karena jalurnya direncanakan terletak di sebelah jalan tol, sehingga penumpang kereta bandara hanya dapat menaiki

kereta dari stasiun awal yaitu Stasiun Solo Balapan Baru. Dan tidak ada lagi tempat menaik turunkan penumpang selain di stasiun tersebut dan Stasiun Bandara Adi Sumarmo.

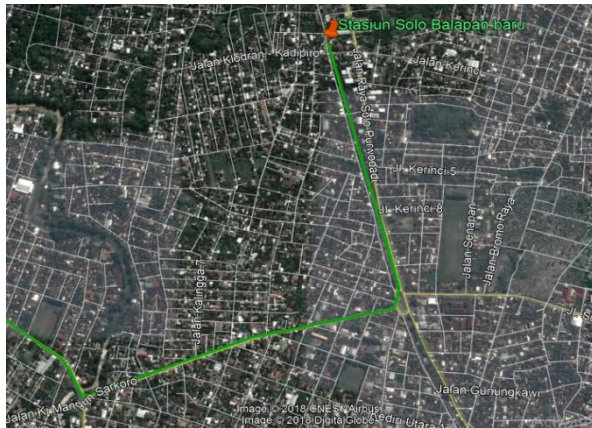
4.1.2. Analisa Alternatif Trase 2 (Jl. Adi Sumarmo)

Alternatif trase 2 direncanakan melewati Jl. Manunggal – Jl. Ki Mangun Sarkoro – Jl. Adi Sumarmo hingga ke Bandara Adi Sumarmo dan membutuhkan panjang sebesar 12109 meter.



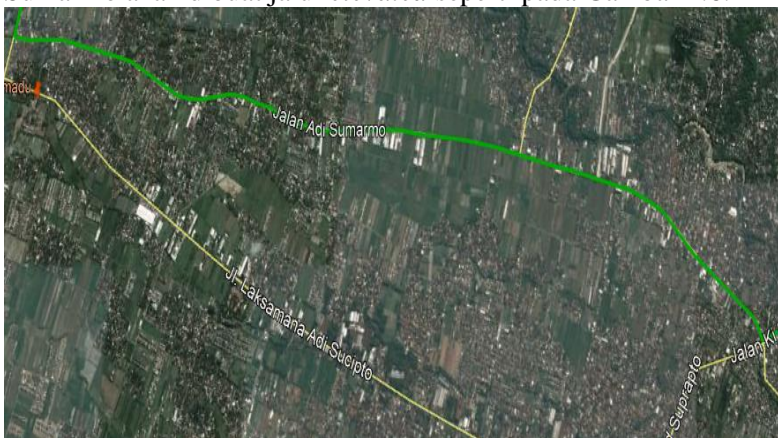
Gambar 4. 4 Alternatif Trase 2
(Sumber : Google Earth, 2018)

Berawal dari Stasiun Solo Baru di Jl. Manunggal dengan menggunakan jalur eksisting sampai simpang di Jl. Kolonel Sugiyono kemudian belok kanan ke arah Jl. Ki Mangun Sarkoro dengan jalur baru *at grade* seperti pada Gambar 4.5.

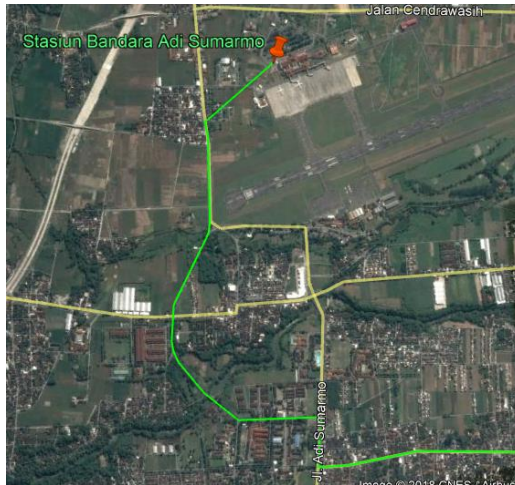


Gambar 4. 5 Pendetailan Alternatif Trase 2-a
(Sumber : Google Earth, 2018)

Dari Jl. Ki Mangun Sarkoro sampai ada simpang lima di jalan tersebut, rencana trase 2 dilanjutkan dengan ke arah kanan menuju Jl. Adi Sumarmo dan direncanakan sepanjang Jl. Adi Sumarmo akan dibuat jalur *elevated* seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Pendetailan Alternatif Trase 2-b
(Sumber : Google Earth, 2018)

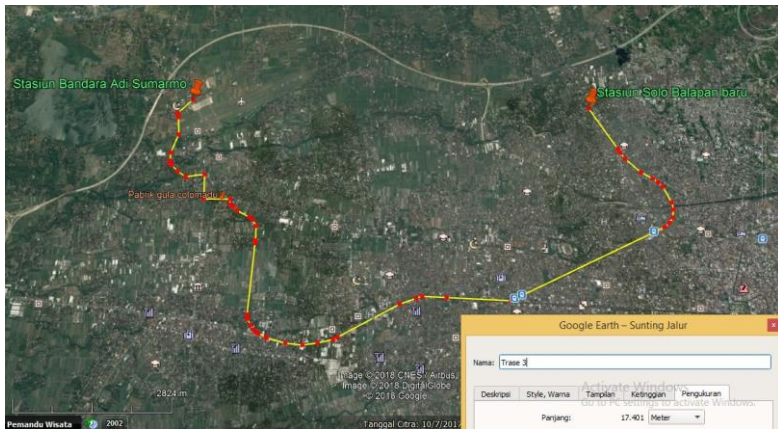


Gambar 4. 7 Pendetailan Alternatif Trase 2-c
(Sumber : Google Earth, 2018)

Setelah Jl. Adi Sumarmo direncanakan *elevated*, kemudian jalur alternatif trase 2 berbelok ke kanan menyusuri Jl. Bypass Adi Sumarmo hingga ke bandara direncanakan *at grade* seperti yang terlihat pada Gambar 4.7. Pada alternatif trase 2 ini tidak melewati daerah komersil di Kota Solo. Trase ini lebih banyak melewati permukiman padat penduduk.

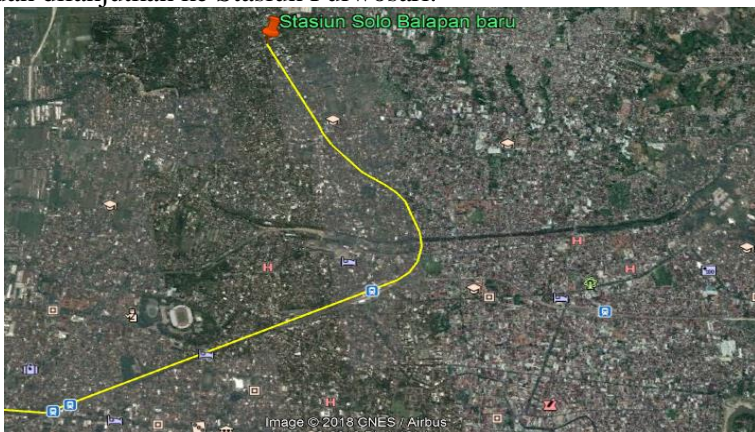
4.1.3. Analisa Alternatif Trase 3 (Jl. Jenderal Ahmad Yani)

Alternatif trase yang terakhir, yakni trase 3 akan melewati Jl. Manunggal – Stasiun Solo Balapan – Stasiun Purwosari – Jl. Slamet Riyadi – Jl. Jenderal Ahmad Yani – Jl. Adi Sucipto – Jl. Bypass Adi Sumarmo hingga ke bandara. Pada alternatif trase 3 ini akan direncanakan jalur *at grade* dan *elevated* dengan Panjang 17401 meter.



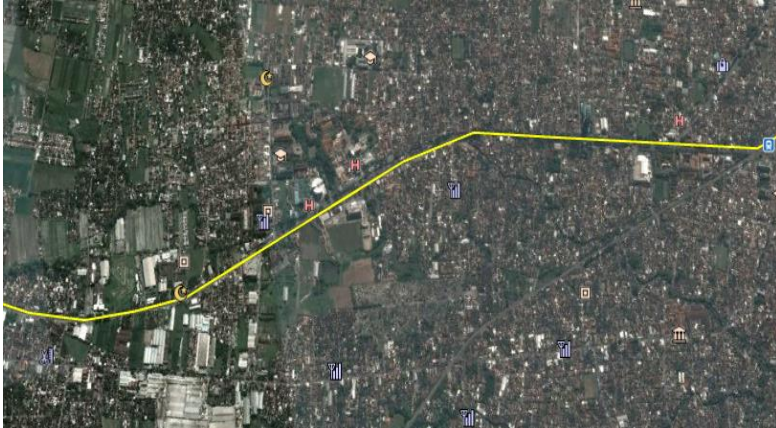
Gambar 4. 8 Alternatif Trase 3
(Sumber : Google Earth, 2018)

Dimulai dari Stasiun Solo Balapan Baru kemudian menyusuri jalur yang sudah ada hingga ke Stasiun Solo Balapan dan dilanjutkan ke Stasiun Purwosari.



Gambar 4. 9 Pendetailan Alternatif Trase 3-a
(Sumber : Google Earth, 2018)

Setelah dari Stasiun Purwosari jalur akan mulai dibuat *elevated* sepanjang Jl. Slamet Riyadi – Jl. Jenderal Ahmad Yani seperti pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Pendetailan Alternatif Trase 3-b
(Sumber : Google Earth, 2018)

Kemudian rencana trase dibuat kembali *at grade* menyusuri Jl. Adi Sucipto dan akan menggunakan jalan rel yang dulunya dijadikan jalan rel untuk mengangkut hasil perkebunan tebu milik Pabrik Gula Colomadu seperti pada Gambar 4.11. Alternatif trase 3 ini melewati daerah komersil di Kota Solo seperti pusat perbelanjaan, beberapa universitas, serta melewati Pabrik Gula Colomadu yang menjadi *icon* baru Kota Solo. Karena kondisi tersebut diharapkan akan mempermudah orang untuk mengakses kereta bandara ini.



Gambar 4. 11 Pendetailan Alternatif Trase 3-c
(Sumber : Google Earth, 2018)

4.2. Penentuan Alternatif Trase Terpilih

Dalam mengambil alternatif trase yang akan digunakan akan dilakukan dengan *multi criteria analysis* yaitu analisa dengan menggunakan matriks sederhana dengan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya dengan sistim penilaian tertentu yang nantinya akan menghasilkan nilai atau bobot dari masing-masing alternatif trase. Selanjtnya berdasarkan nilai atau bobot yang terbesar akan diambil sebagai alternatif trase terpilih.

4.2.1. Penentuan Skala Numerik

Skala numerik digunakan untuk membandingkan tiap parameter penilaian agar menghasilkan parameter mana yang dirasa lebih penting dari parameter yang lain. Pada Tugas Akhir ini menggunakan skala numerik seperti pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4. 1 Skala Numerik untuk Penilaian Banding Beberapa Kriteria

Skala	Arti
1	Sama pentingnya
3	Kepentingannya Agak Lebih
5	Penting Sekali

Sumber :Mendoza, 1999

4.2.2. Matriks *Pairwise Comparison*

Tabel 4. 2 Penilaian Tiap Kriteria dengan Kriteria Lainnya

Kriteria	A	B	C	D	E	F
A	1	1	3	3	3	0.33
B	1	1	5	3	3	1
C	0.33	0.2	1	1	0.33	0.33
D	0.33	0.33	1	1	1	0.33
E	0.33	0.33	3	1	1	0.33
F	3	1	3	3	3	1

Dimana :

- A : Panjang trase
- B : Posisi trase (elevated)
- C : Melewati perumahan
- D : Melewati pusat komersial
- E : Melewati universitas
- F : Melewati terminal bus/stasiun kereta api

Tabel 4.2 dapat diartikan sebagai berikut :

- (A, A) bernilai 1 : Parameter kolom A yaitu panjang trase dibandingkan dengan baris A memiliki nilai perbandingan **“sama pentingnya”** untuk parameter kolom A dan baris A.
- (A, B) bernilai 1 : Parameter kolom B yaitu posisi trase elevated dibandingkan baris A yaitu panjang trase memiliki

perbandingan **“sama pentingnya”** untuk parameter kolom B dan baris A.

- (A, C) bernilai 3 : Parameter kolom A yaitu panjang trase dibandingkan baris C yaitu melewati perumahan memiliki perbandingan bahwa panjang trase **“kepentingannya agak lebih”** dari melewati perumahan.
- (A, D) bernilai 3 : Parameter kolom A yaitu panjang trase dibandingkan baris D yaitu melewati pusat komersial memiliki perbandingan bahwa panjang trase **“kepentingannya agak lebih”** dari melewati pusat komersial.
- (A, E) bernilai 3 : Parameter kolom A yaitu panjang trase dibandingkan baris E yaitu melewati universitas memiliki perbandingan bahwa panjang trase **“kepentingannya agak lebih”** dari melewati universitas.
- (A, F) bernilai 3 : Parameter kolom A yaitu panjang trase dibandingkan baris F yaitu melewati terminal bus/stasiun kereta api memiliki perbandingan bahwa panjang trase **“kepentingannya agak tidak lebih”** dari melewati terminal bus/stasiun kereta api.

Untuk kolom dan baris yang lain, cara mengartikannya sama seperti penjabaran di atas.

4.2.3. Menentukan Peringkat Alternatif dari Matriks *Pairwise Comparison*

Dari penilaian tiap parameter dengan parameter lainnya, selanjutnya dilakukan perhitungan dengan matriks seperti di bawah ini :

$$= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 & 3 & 3 & 0.33 \\ 1 & 1 & 5 & 3 & 3 & 1 \\ 0.33 & 0.2 & 1 & 1 & 0.33 & 0.33 \\ 0.33 & 0.33 & 1 & 1 & 1 & 0.33 \\ 0.33 & 0.33 & 3 & 1 & 1 & 0.33 \\ 3 & 1 & 3 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix}^2$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 9 & 9 & 9 & 0.11 \\ 1 & 1 & 25 & 9 & 9 & 1 \\ 0.11 & 0.04 & 1 & 1 & 0.11 & 0.11 \\ 0.11 & 0.11 & 1 & 1 & 1 & 0.11 \\ 0.11 & 0.11 & 9 & 1 & 1 & 0.11 \\ 9 & 1 & 9 & 9 & 9 & 1 \end{bmatrix}$$

Dari hasil matriks diatas, selanjutnya dijumlahkan untuk masing-masing baris seperti Tabel 4.3 di bawah ini :

Tabel 4. 3 *Eigen Vector*

Kriteria	Penjumlahan Matriks	<i>Eigen Vector</i>	Peringkat
A	29.11	0.2237	3
B	46	0.3534	1
C	2.37	0.0182	6
D	3.33	0.0256	5
E	11.33	0.0871	4
F	38	0.2920	2
Jumlah	130.15	1	

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan peringkat 1 untuk parameter A yakni panjang trase menjadi kriteria paling berpengaruh.

4.2.4. Menghitung Bobot Relatif

Dalam menentukan bobot relatif untuk masing-masing kriteria, penulis menggunakan batasan untuk mendapatkan nilai *low*, *medium*, dan *high*. Batasan penilaian yang dimaksud adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Batasan Penilaian Untuk Bobot Relatif

Kriteria	Low	Medium	High
Panjang trase (km)	0-6	6.1-12	12.1-18
Posisi rencana trase (elevated)	AG	AG & E	E
Melewati perumahan	Rendah	Sedang	Ramai
Melewati pusat komersial	Rendah	Sedang	Ramai
Melewati universitas	Tidak melewati	1 univ	> 1 univ
Melewati terminal bus/stasiun kereta api	Tidak B/S	B/S	B & S

Dimana :

AG : *At Grade*

E : *Elevated*

B : Terminal Bus

S : Stasiun Kereta Api

Tabel 4.4 dapat diartikan sebagai berikut :

- **Kriteria panjang trase**

- Apabila panjang trase antara 0-6 km maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *low*.
- Apabila panjang trase antara 6.1-12 km maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *medium*.
- Apabila panjang trase antara 12.1-18 km maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *high*.

Dari batasan penilaian kriteria seperti di atas, maka dapat disimpulkan bahwa apabila panjang trase masuk ke dalam penilaian *low* akan diberi nilai yg paling besar yaitu

3 karena semakin pendek trase maka akan mempercepat pengerjaan proyek dan meminimalisir jumlah biaya yang dikeluarkan.

Begitu pula sebaliknya, apabila panjang trase masuk ke dalam penilaian *high* akan diberi nilai yg paling kecil yaitu 1 karena semakin panjang trase maka akan membutuhkan pengerjaan proyek yang lebih lama dan jumlah biaya yang dikeluarkan akan semakin besar. Untuk nilai *medium*, diambil dari nilai 1 dan 3 yakni diberi nilai 2.

- **Posisi rencana trase (*elevated*)**

- Apabila rencana trase yang akan dibangun menggunakan posisi AG atau *At Grade* seluruhnya maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *low*.
- Apabila rencana trase yang akan dibangun menggunakan posisi E atau *Elevated* seluruhnya maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *medium*.
- Apabila rencana trase yang akan dibangun menggunakan posisi trase *At Grade* dan *Elevated* maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *high*.

Dari batasan penilaian kriteria seperti di atas, maka dapat disimpulkan bahwa apabila rencana posisi trase masuk ke dalam penilaian *low* akan diberi nilai yg paling besar yaitu 3 karena apabila perencanaan dengan *At Grade* akan mempercepat pengerjaan proyek dan meminimalisir jumlah biaya yang dikeluarkan.

Begitu pula sebaliknya, apabila rencana posisi trase masuk ke dalam penilaian *high* akan diberi nilai yg paling kecil yaitu 1 karena apabila perencanaan dengan *Elevated* maka akan membutuhkan pengerjaan proyek yang lebih lama dan jumlah biaya yang dikeluarkan akan semakin besar karena harus membangun pilar.

Untuk nilai *medium*, yaitu apabila rencana posisi trase menggunakan *At Grade* dan *Elevated* maka diambil dari nilai 1 dan 3 yakni diberi nilai 2.

- **Melewati perumahan dan pusat komersial**

- Apabila rencana trase yang akan dibangun sama sekali tidak melewati atau jauh dari area perumahan dan pusat komersial seperti pusat perbelanjaan, perkantoran, ataupun industri maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *low*.
- Apabila rencana trase yang akan dibangun melewati atau dekat dengan area perumahan dan pusat komersial seperti pusat perbelanjaan, perkantoran, ataupun industri tetapi tidak begitu padat atau tidak begitu ramai maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *medium*.
- Apabila rencana trase yang akan dibangun melewati atau dekat dengan area perumahan dan pusat komersial seperti pusat perbelanjaan, perkantoran, ataupun industri serta sangat padat dan ramai maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *high*.

Dari batasan penilaian kriteria seperti di atas, maka dapat disimpulkan bahwa apabila rencana trase masuk ke dalam penilaian *low* akan diberi nilai yg paling kecil yaitu 1 karena rencana trase tidak melewati perumahan dan pusat komersial maka *demand* penumpang kereta bandara akan sedikit.

Begitu pula sebaliknya, apabila rencana trase masuk ke dalam penilaian *high* akan diberi nilai yg paling besar yaitu 3 karena rencana trase melewati perumahan dan pusat komersial yang ramai dan padat maka akan meningkatkan *demand* penumpang kereta bandara.

Untuk nilai *medium*, yaitu rencana trase melewati perumahan dan pusat komersial tetapi tidak terlalu padat

ataupun ramai maka diambil dari nilai 1 dan 3 yakni diberi nilai 2. Dalam menentukan padat atau tidaknya perumahan dan pusat komersial yang akan dilewati penulis menggunakan bantuan *Google Earth* untuk dapat mengetahui kondisi eksisting rencana trase.

- **Melewati universitas**

- Apabila rencana trase yang akan dibangun tidak melewati perguruan tinggi atau universitas maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *low*.
- Apabila rencana trase yang akan dibangun melewati 1 perguruan tinggi atau universitas maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *medium*.
- Apabila rencana trase yang akan dibangun melewati lebih dari 1 perguruan tinggi atau universitas maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *high*.

Dari batasan penilaian kriteria seperti di atas, maka dapat disimpulkan bahwa apabila rencana trase masuk ke dalam penilaian *low* akan diberi nilai yg paling kecil yaitu 1 karena apabila tidak melewati universitas sama sekali maka akan memperkecil *demand* kereta bandara.

Begitu pula sebaliknya, apabila rencana trase masuk ke dalam penilaian *high* akan diberi nilai yg paling besar yaitu 3 karena apabila melewati lebih dari 1 universitas maka akan meningkatkan *demand* kereta bandara.

Untuk nilai *medium*, yaitu apabila rencana trase melewati hanya 1 universitas maka diambil dari nilai 1 dan 3 yakni diberi nilai 2.

- **Melewati terminal bus/stasiun kereta api**

- Apabila rencana trase yang akan dibangun tidak melewati terminal bus atau stasiun kereta api maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *low*.

- Apabila rencana trase yang akan dibangun melewati terminal bus atau hanya melewati stasiun kereta api maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *medium*.
- Apabila rencana trase yang akan dibangun melewati terminal bus dan stasiun kereta api maka diklasifikasikan ke dalam penilaian *high*.

Dari batasan penilaian kriteria seperti di atas, maka dapat disimpulkan bahwa apabila rencana trase masuk ke dalam penilaian *low* akan diberi nilai yg paling kecil yaitu 1 karena apabila tidak melewati terminal bus atau stasiun kereta api sama sekali maka akan memperkecil *demand* kereta bandara.

Begitu pula sebaliknya, apabila rencana trase masuk ke dalam penilaian *high* akan diberi nilai yg paling besar yaitu 3 karena apabila melewati terminal bus dan stasiun kereta api maka akan meningkatkan *demand* kereta bandara.

Untuk nilai *medium*, yaitu apabila rencana trase melewati hanya terminal bus atau hanya melewati stasiun kereta api maka diambil dari nilai 1 dan 3 yakni diberi nilai 2.

Dari penjabaran di atas, maka dapat dilihat nilai dari masing-masing kriteria tersebut adalah seperti pada Tabel 4.5 di bawah ini :

Tabel 4. 5 Nilai *Multi Criteria Analysis*

No.	Kriteria	Penilaian		
		Low	Medium	High
1	Panjang trase	3	2	1
2	Posisi rencana trase (<i>elevated</i>)	3	2	1
3	Melewati perumahan	1	2	3
4	Melewati pusat komersial	1	2	3
5	Melewati universitas	1	2	3

6	Melewati terminal bus/stasiun kereta api	1	2	3
---	--	---	---	---

Bobot nilai untuk masing-masing kriteria di atas didapat dari nilai *Eigen Vector* pada perhitungan sebelumnya, dan dapat dilihat seperti pada Tabel 4.6 di bawah ini :

Tabel 4. 6 Nilai Pembobotan *Multi Criteria Analysis*

No.	Kriteria	Bobot
1	Panjang trase	22.37
2	Posisi rencana trase (<i>elevated</i>)	35.34
3	Melewati perumahan	1.82
4	Melewati pusat komersial	2.56
5	Melewati universitas	8.71
6	Melewati terminal bus/stasiun kereta api	29.20

4.2.5. Alternatif Trase 1 (Jl. Solo-Purwodadi)

Perhitungan penilaian untuk alternatif trase 1 dengan menggunakan *multi criteria analysis* adalah pada Tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4. 7 *Multi Criteria Analysis* Trase 1

Kriteria	Trase 1	Bobot	Σ
Panjang trase	2	22.37	44.73
Posisi trase (<i>elevated</i>)	2	35.34	70.69
Melewati perumahan	1	1.82	1.82
Melewati pusat komersial	1	2.56	2.56
Melewati universitas	1	8.71	8.71
Melewati terminal bus/stasiun kereta api	1	29.20	29.20
Total			157.71

Dari perhitungan *multi criteria analysis* pada alternatif trase 1 didapatkan total nilai sebesar 157,71 poin.

4.2.6. Alternatif Trase 2 (Jl. Adi Sumarmo)

Perhitungan penilaian untuk alternatif trase 2 dengan menggunakan *multi criteria analysis* adalah pada Tabel 4.8 sebagai berikut :

Tabel 4. 8 *Multi Criteria Analysis* Trase 2

Kriteria	Trase 2	Bobot	Σ
Panjang trase	1	22.37	22.37
Posisi trase (<i>elevated</i>)	2	35.34	70.69
Melewati perumahan	2	1.82	3.65
Melewati pusat komersial	2	2.56	5.12
Melewati universitas	2	8.71	17.42
Melewati terminal bus/stasiun kereta api	1	29.20	29.20
Total			148.44

Dari perhitungan *multi criteria analysis* pada alternatif trase 2 didapatkan total nilai sebesar 148,44 poin.

4.2.7. Alternatif Trase 3 (Jl. Jenderal Ahmad Yani)

Perhitungan penilaian untuk alternatif trase 3 dengan menggunakan *multi criteria analysis* adalah pada Tabel 4.9 sebagai berikut :

Tabel 4. 9 *Multi Criteria Analysis* Trase 3

Kriteria	Trase 3	Bobot	Σ
Panjang trase	1	22.37	22.37
Posisi trase (<i>elevated</i>)	2	35.34	70.69
Melewati perumahan	2	1.82	3.65
Melewati pusat komersial	2	2.56	5.12

Melewati universitas	2	8.71	17.42
Melewati terminal bus/stasiun kereta api	2	29.20	58.39
Total			177.63

Dari perhitungan *multi criteria analysis* pada alternatif trase 3 didapatkan total nilai sebesar 177,63 poin.

Sehingga trase yang terpilih dari ketiga alternatif trase tersebut adalah trase 3 dengan total nilai sebesar 177,63 poin. Selanjutnya akan dilakukan analisa desain geometrik pada trase terpilih.

4.3. Perencanaan Geometrik

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perhitungan desain geometrik dan dimensi emplasemen dari jalur kereta api Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo. Dalam perencanaan desain geometrik jalur rel kereta api ini, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu :

- Trase yang digunakan adalah alternatif trase 3 yang merupakan trase terpilih berdasarkan *multi criteria analysis* yang telah dijelaskan pada bab IV.
- Kecepatan rencana yang dipakai adalah 60 km/jam.
- Menggunakan lebar sepur 1067 mm.

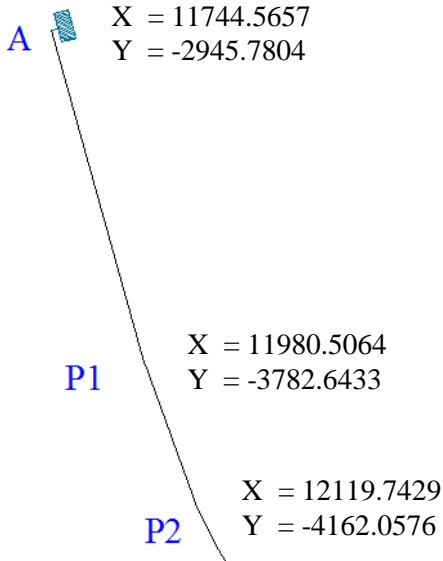
4.3.1 Perhitungan Sudut Azimuth

Berikut adalah contoh perhitungan sudut azimuth dan sudut tikungan pada trase terpilih :

a) Nilai ΔX dan ΔY

$$\begin{aligned}
 \text{Koordinat } \Delta X (P1) &= X(P1) - X(A) \\
 &= 11980.5064 - 11744.5657 \\
 &= 235.9407 \\
 \text{Koordinat } \Delta Y (P1) &= Y(P1) - Y(A) \\
 &= -3782.6433 - (-2945.7804) \\
 &= -836.8629 \\
 \text{Koordinat } \Delta X (P2) &= X(P2) - X(P1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 12119.7429 - 11980.5064 \\
 &= 139.2365 \\
 \text{Koordinat } \Delta Y (P2) &= Y(P2) - Y(P1) \\
 &= -4162.0576 - (-3782.6433) \\
 &= -379.4143
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 12 Trase Titik A, P1, P2

b) Panjang Trase Antar Titik (L)

$$\begin{aligned}
 \text{Titik A ke Titik P1} &= \sqrt{\Delta X(P1)^2 + \Delta Y(P1)^2} \\
 &= \sqrt{(235.9407)^2 + (-836.8629)^2} \\
 &= 869.4869 \text{ m} \\
 \text{Titik P1 ke Titik P2} &= \sqrt{\Delta X(P2)^2 + \Delta Y(P2)^2} \\
 &= \sqrt{(139.2365)^2 + (-379.4143)^2} \\
 &= 404.1559 \text{ m}
 \end{aligned}$$

c) Sudut Azimuth (α)

Sudut P1 (Kuadran II)

$$= 180^\circ + \text{arc tg} \left(\frac{\text{koordinat } \Delta X (P1)}{\text{koordinat } \Delta Y (P1)} \right)$$

$$= 180^\circ + \text{arc tg} \left(\frac{235.9407}{-836.8629} \right)$$

$$= 164.2550^\circ$$

Sudut P2 (Kuadran II)

$$= 180^\circ + \text{arc tg} \left(\frac{\text{koordinat } \Delta X (P2)}{\text{koordinat } \Delta Y (P2)} \right)$$

$$= 180^\circ + \text{arc tg} \left(\frac{139.2365}{-379.4143} \right)$$

$$= 159.8480^\circ$$

4.3.2. Perhitungan Sudut Tikungan

$$\begin{aligned} \text{Sudut tikungan P1} &= |\text{Sudut azimuth P2} - \text{Sudut azimuth P1}| \\ &= 159.8480^\circ - 164.2550^\circ \\ &= 4.4070^\circ \end{aligned}$$

Untuk perhitungan sudut azimuth dan sudut tikungan berikutnya akan disajikan seperti Tabel 4.10 :

Tabel 4. 10 Perhitungan Sudut Azimuth dan Sudut Tikungan

Titik	Koordinat		Δ		Panjang		Kudran	Azimuth (°)	Sudut Tikungan (°)
	x	y	x	y	L (m)	Kumulatif (m)			
A	11744.5657	-2945.7804							
P1	11980.5064	-3782.6433	235.9407	-836.8629	869.4869	869.4869	II	164.2550	4.4070
P2	12119.7429	-4162.0576	139.2365	-379.4143	404.1559	1273.6429	II	159.8480	9.7315
P3	12291.7621	-4461.4079	172.0192	-299.3503	345.2553	1618.8981	II	150.1165	13.0627
P4	12633.4954	-4828.5623	341.7333	-367.1544	501.5815	2120.4796	II	137.0538	29.5615
P5	12724.9351	-5212.8418	91.4397	-384.2795	395.0088	2515.4884	II	166.6153	22.6125
P6	12670.5912	-5547.3419	-54.3439	-334.5001	338.8858	2854.3742	III	189.2278	50.7804
P7	12358.2779	-5727.5962	-312.3133	-180.2543	360.5984	3214.9726	III	240.0082	18.3040
P8	8984.6604	-6425.4869	-3373.6175	-697.8907	3445.0467	6660.0193	III	258.3122	29.8074
P9	7336.9511	-5886.3065	-1647.7093	539.1804	1733.6844	8393.7036	IV	288.1197	25.2931
P10	6781.3344	-5956.2357	-555.6167	-69.9292	560.0000	8953.7037	III	262.8265	6.3858
P11	5439.7981	-6279.7789	-1341.5363	-323.5432	1379.9999	10333.7036	III	256.4407	13.9608
P12	5009.8086	-6276.7658	-429.9895	3.0131	430.0001	10763.7037	IV	270.4015	16.3677
P13	4473.6228	-6115.1961	-536.1858	161.5697	560.0000	11323.7036	IV	286.7692	13.1474
P14	4066.2493	-5880.7888	-407.3735	234.4073	469.9999	11793.7036	IV	299.9166	38.9439

Tabel 4. 11 Perhitungan Sudut Azimuth dan Sudut Tikungan (Lanjutan)

Titik	Koordinat		Δ		Panjang		Kudran	Azimuth (°)	Sudut Tikungan (°)
	x	y	x	y	L (m)	Kumulatif (m)			
P15	3904.8227	-5463.2999	-161.4266	417.4889	447.6109	12241.3145	IV	338.8605	37.4318
P16	4429.4277	-3668.3933	524.6050	1794.9066	1870.0000	14111.3145	I	16.2923	58.4639
P17	3982.8354	-3175.3798	-446.5923	493.0135	665.2120	14776.5265	IV	317.8284	29.8537
P18	3469.1911	-3008.7378	-513.6443	166.6420	540.0000	15316.5265	IV	287.9747	83.4728
P19	3591.2498	-2405.9719	122.0587	602.7659	615.0000	15931.5266	I	11.4475	95.6658
P20	3188.3101	-2365.1728	-402.9397	40.7991	405.0000	16336.5265	IV	275.7817	49.9170
P21	2945.9859	-2009.9559	-242.3242	355.2169	430.0001	16766.5266	IV	325.6987	47.9922
P22	3114.0315	-1320.1294	168.0456	689.8265	709.9999	17476.5266	I	13.6909	15.6003
B	3569.0333	-509.0354	455.0018	811.0940	930.0001	18406.5266	I	29.2912	

4.3.3. Perhitungan Lengkung Horizontal

Perencanaan alinyemen horizontal menggunakan parameter lengkung SCS (*Spiral-Circle-Spiral*) yang dapat mengakomodasi peralihan sudut kemudi menjadi lebih halus. Berikut adalah contoh perhitungan lengkung horizontal P1 :

a) Peninggian Rel (h)

$$\begin{aligned} h &= 5,95 \times \frac{V^2}{R} \\ &= 5,95 \times \frac{60^2}{600} \\ &= 35.7000 \text{ mm} < 110 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

b) Lengkung peralihan (Lh)

$$\begin{aligned} Lh &= 0.01 \times h \times v \\ &= 0.01 \times 35.7000 \times 600 \\ &= 21.4200 \text{ m} \end{aligned}$$

c) Sudut lengkung peralihan (θ_s)

$$\begin{aligned} \theta_s &= \frac{90^\circ \times Lh}{\pi \times R_{rencana}} \\ &= \frac{90^\circ \times 21.4200}{\pi \times 600} \\ &= 1.0227^\circ \end{aligned}$$

d) Panjang lengkung peralihan (Lc)

$$\begin{aligned} Lc &= \frac{(\Delta - 2 \theta_s) \times \pi \times R}{180^\circ} \\ &= \frac{(\Delta - 2 \times 1.0227^\circ) \times \pi \times 600}{180^\circ} \\ &= 24.7306 \text{ m} \end{aligned}$$

e) Jarak busur lingkaran tergeser terhadap sudut tg (p)

$$p = \frac{Lh^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{21.4200^2}{6 \times 600} - R (1 - \cos 1.0227^\circ) \\
&= 0.0319 \text{ m}
\end{aligned}$$

f) Jarak dari titik Ts ke titik p (k)

$$\begin{aligned}
k &= Lh - \frac{Lh^3}{40R^2} - R \sin \theta_s \\
&= Lh - \frac{21.4200^3}{40 \times 600^2} - 600 \sin 1.0227^\circ \\
&= 10.7102 \text{ m}
\end{aligned}$$

g) Jarak dari titik Ts ke titik P1 (Ts)

$$\begin{aligned}
Ts &= (R + p) \times \operatorname{tg} \left(\frac{1}{2} \Delta \right) + k \\
&= (600 + 0.0319) \times \operatorname{tg} \left(\frac{1}{2} \times 4.4070^\circ \right) + 10.7102 \\
&= 33.7978 \text{ m}
\end{aligned}$$

h) Jarak eksternal total dari P1 ke tengah Lc (E)

$$\begin{aligned}
E &= \frac{(R + p)}{\cos \left(\frac{1}{2} \Delta \right)} - R \\
&= \frac{(600 + 0.0319)}{\cos \left(\frac{1}{2} \times 4.4070^\circ \right)} - 600 \\
&= 0.4759 \text{ m}
\end{aligned}$$

i) Jarak dari titik TS ke titik proyeksi pusat Ys (Xs)

$$\begin{aligned}
Xs &= Lh \left(1 - \frac{Lh^2}{40 \times R^2} \right) \\
&= 21.4200 \left(1 - \frac{21.4200^2}{40 \times 600^2} \right) \\
&= 21.4193 \text{ m}
\end{aligned}$$

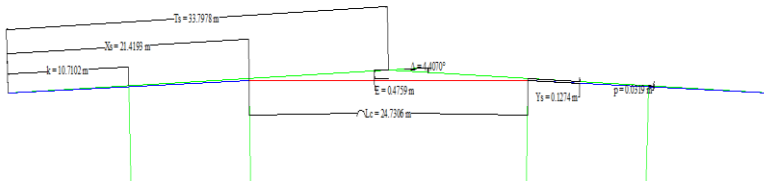
j) Jarak dari titik SC ke garis proyeksi TS (Ys)

$$\begin{aligned}
 Y_s &= \frac{L_h^2}{6R} \\
 &= \frac{21.4200^2}{6 \times 600} \\
 &= 0.1274 \text{ m}
 \end{aligned}$$

k) Pelebaran sepur (p)

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{4500}{R} - 8 \\
 &= \frac{4500}{600} - 8 \\
 &= 0.5000 \text{ mm} < 1 \text{ mm (tidak ada pelebaran sepur)}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan analisa perhitungan alinyemen horizontal, maka selanjutnya harus digambar lengkung SCS pada trase rencana seperti pada Gambar 4.13 :



Gambar 4. 13 Lengkung Horizontal P1 - SCS

Untuk perhitungan lengkung horizontal berikutnya akan disajikan dalam Tabel 4.12 :

Tabel 4. 12 Perhitungan Alinyemen Horisontal

Titik	Δ (°)	R min (m)	R rencana (m)	V rencana (km/jam)	h (mm)	Lh (m)	θ_s (°)	Lc (m)	p (m)	k (m)	Ts (m)	E (m)	Xs (m)	Ys (m)	w (mm)	w pakai (mm)	Jenis Alinyemen
A																	
P1	4.4070	200	600	60	35.7000	21.4200	1.0227	24.7306	0.0319	10.7102	33.7978	0.4759	21.4193	0.1274	0.5000	-	SCS
P2	9.7315	200	600	60	35.7000	21.4200	1.0227	80.4887	0.0319	10.7102	61.7898	2.2021	21.4193	0.1274	0.5000	-	SCS
P3	13.0627	200	600	60	35.7000	21.4200	1.0227	115.3729	0.0319	10.7102	79.4078	3.9517	21.4193	0.1274	0.5000	-	SCS
P4	29.5615	200	350	60	61.2000	36.7200	3.0056	143.8606	0.1606	18.3581	110.7487	12.1443	36.7099	0.6421	4.8571	20.0000	SCS
P5	22.6125	200	350	60	61.2000	36.7200	3.0056	101.4116	0.1606	18.3581	88.3668	7.0906	36.7099	0.6421	4.8571	20.0000	SCS
P6	50.7804	200	350	60	61.2000	36.7200	3.0056	273.4795	0.1606	18.3581	184.5532	37.5993	36.7099	0.6421	4.8571	20.0000	SCS
P7	18.3040	200	500	60	42.8400	25.7040	1.4727	134.0291	0.0551	12.8520	93.4134	6.5030	25.7023	0.2202	1.0000	10.0000	SCS
P8	29.8074	200	350	60	61.2000	36.7200	3.0056	145.3627	0.1606	18.3581	111.5528	12.3503	36.7099	0.6421	4.8571	20.0000	SCS
P9	25.2931	200	350	60	61.2000	36.7200	3.0056	117.7864	0.1606	18.3581	96.9270	8.8670	36.7099	0.6421	4.8571	20.0000	SCS
P10	6.3858	200	600	60	35.7000	21.4200	1.0227	45.4526	0.0319	10.7102	44.1826	0.9648	21.4193	0.1274	0.5000	-	SCS
P11	13.9608	200	500	60	42.8400	25.7040	1.4727	96.1275	0.0551	12.852	74.0774	3.7893	25.7023	0.2202	1.0000	10.0000	SCS
P12	16.3677	200	500	60	42.8400	25.7040	1.4727	117.1317	0.0551	12.852	84.7672	5.1999	25.7023	0.2202	1.0000	10.0000	SCS
P13	13.1474	200	500	60	42.8400	25.7040	1.4727	89.0292	0.0551	12.852	70.4778	3.3645	25.7023	0.2202	1.0000	10.0000	SCS
P14	38.9439	200	350	60	61.2000	36.7200	3.0056	201.1744	0.1606	18.3581	142.1636	21.4031	36.7099	0.6421	4.8571	20.0000	SCS

Tabel 4. 13 Perhitungan Alinyemen Horisontal (Lanjutan)

Titik	Δ (°)	R min (m)	R rencana (m)	V rencana (km/jam)	h (mm)	Lh (m)	θ_s (°)	Lc (m)	p (m)	k (m)	Ts (m)	E (m)	Xs (m)	Ys (m)	w (mm)	w pakai (mm)	Jenis Alinyemen
P15	37.4318	200	350	60	61.2000	36.7200	3.0056	191.9375	0.1606	18.3581	136.9892	19.7104	36.7099	0.6421	4.8571	20.0000	SCS
P16	58.4639	200	350	60	61.2000	36.7200	3.0056	320.4153	0.1606	18.3581	214.3126	51.2613	36.7099	0.6421	4.8571	20.0000	SCS
P17	29.8537	200	200	60	107.1000	64.2600	9.2046	39.9488	0.8658	32.1021	85.6492	7.8806	64.0942	3.4411	14.5000	20.0000	SCS
P18	83.4728	200	350	60	61.2000	36.7200	3.0056	473.186	0.1606	18.3581	330.7391	119.249	36.7099	0.6421	4.8571	20.0000	SCS
P19	95.6658	200	200	60	107.1000	64.2600	9.2046	269.6764	0.8658	32.1021	253.882	99.2213	64.0942	3.4411	14.5000	20.0000	SCS
P20	49.9170	200	200	60	107.1000	64.2600	9.2046	109.983	0.8658	32.1021	125.5903	21.5561	64.0942	3.4411	14.5000	20.0000	SCS
P21	47.9922	200	350	60	61.2000	36.7200	3.0056	256.4473	0.1606	18.3581	174.2311	33.2869	36.7099	0.6421	4.8571	20.0000	SCS
P22	15.6003	200	500	60	42.8400	25.7040	1.4727	110.4348	0.0551	12.852	81.3524	4.7251	25.7023	0.2202	1.0000	10.0000	SCS
B																	

4.4. Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan badan jalan arah memanjang (Sukirman, 1994).

4.4.1 Elevasi Eksisting

Penentuan elevasi eksisting berdasarkan pembagian STA yang telah dilakukan yakni membagi trase sepanjang 18039 m menjadi per 200 m secara konstan dan per 100 m ketika di lengkung horisontal. Untuk perhitungan elevasi dilakukan dengan pendekatan interpolasi antara elevasi kontur sebelah kanan dan kiri titik dengan jarak kontur. Berikut adalah contoh perhitungan elevasi eksisting pada STA 0+000 :

- Elevasi kontur kanan (KN) = 107.50 m
- Elevasi kontur kiri (KR) = 107.50 m
- Jarak antar kontur (S) = 100.3666 m
- Jarak titik STA ke kontur terdekat (AS) = 21.4268 m

$$\begin{aligned}
 \text{Elev eksisting} &= \text{KR} + \frac{(\text{KN} - \text{KR})}{S} \times \text{AS} \\
 &= 107.500 + \frac{(107.500 - 107.500)}{100.3666} \times 21.4268 \\
 &= 107.500 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk elevasi eksisting dan elevasi rencana pada STA 0+000 sampai STA 18+039 akan disajikan pada Lampiran 1.

4.4.2 Perhitungan Lengkung Vertikal

Berikut adalah contoh perhitungan alinyemen vertikal di STA 0+400 :

- V rencana = 60 km/jam
- R vertikal = 6000 m
- Elevasi PPV = +105.000 (elevasi rencana)

$$X_m = \frac{R}{2} \times (g_1 - g_2)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6000}{2} \times (0\% - (-1.00\%)) \\
 &= 30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y_m &= \frac{R}{8} \times (g1 - g2)^2 \\
 &= \frac{6000}{8} \times (0\% - (-1.00\%))^2 \\
 &= 0.0750 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= 2 \times X_m \\
 &= 2 \times 30 \text{ m} \\
 &= 60 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elv PLV} &= \text{PPV} - \frac{g1}{100} \times \frac{1}{2} \times L \\
 &= 105.000 - \frac{0\%}{100} \times \frac{1}{2} \times 60 \\
 &= 105.000 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elv PTV} &= \text{PPV} - \frac{g2}{100} \times \frac{1}{2} \times L \\
 &= 105.000 - \frac{-1.00\%}{100} \times \frac{1}{2} \times 60 \\
 &= 105.003 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Elv PPV} &= \text{PPV} - \frac{\Delta \times L}{800} \\
 &= 105.000 - \frac{0.00286^\circ \times 60}{800} \\
 &= 105.000 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Ket : Sudut Δ dibagi 1000 karena nilai kemiringan medan pada jalan rel dinyatakan dalam satuan per mil (‰)

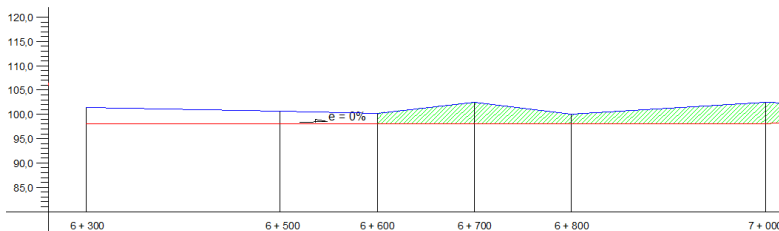
Untuk perhitungan alinyemen vertikal berikutnya akan disajikan seperti Tabel 4.14 di bawah ini :

Tabel 4. 14 Perhitungan Alinyemen Vertikal

PPV	STA	Elevasi PLV (m)	g1 (%)	g2 (%)	φ (%)	Jenis Lengkung	Vd (km/jam)	R vertikal (m)	Δ (°)	Xm (m)	Ym (m)	L (m)	Elevasi PLV (m)	Elevasi PTV (m)	Elevasi PPV (m)
PPV 1	0+400	105.000	0.00%	-1.00%	1.00%	CEMBUNG	60	6000	0.0028624	30	0.0750	60	105.000	104.997	105.000
PPV 2	1+400	95.000	-1.00%	0.00%	-1.00%	CEKUNG	60	6000	0.0028624	-30	0.0750	-60	95.003	95.000	95.000
PPV 3	2+400	95.000	0.00%	-0.25%	0.25%	CEMBUNG	60	6000	0.0007162	7.5	0.0047	15	95.000	94.9998	95.000
PPV 4	3+200	93.000	-0.25%	0.00%	-0.25%	CEKUNG	60	6000	0.0007162	-7.5	0.0047	-15	93.0002	93.000	93.000
PPV 5	5+100	93.000	0.00%	0.50%	-0.50%	CEKUNG	60	6000	0.0014321	-15	0.0188	-30	93.000	93.0008	93.000
PPV 6	6+100	98.000	0.50%	0.00%	0.50%	CEMBUNG	60	6000	0.0014321	15	0.0188	30	97.9993	98.000	98.000
PPV 7	7+000	98.000	0.00%	1.60%	-1.60%	CEKUNG	60	6000	0.0045739	-48	0.1920	-96	98.00	98.0077	98.00
PPV 8	7+800	114.000	1.60%	0.00%	1.60%	CEMBUNG	60	6000	0.0045739	48	0.1920	96	113.992	114.00	114.00
PPV 9	9+800	114.000	0.00%	0.30%	-0.30%	CEKUNG	60	6000	0.0008594	-9	0.0068	-18	114.000	114.0003	114.000
PPV 10	10+800	117.000	0.30%	0.00%	0.30%	CEMBUNG	60	6000	0.0008594	9	0.0068	18	116.9997	117.000	117.000
PPV 11	14+200	117.000	0.00%	1.50%	-1.50%	CEKUNG	60	6000	0.0042892	-45	0.1688	-90	117.000	117.0068	117.000
PPV 12	15+100	130.500	1.50%	0.00%	1.50%	CEMBUNG	60	6000	0.0042892	45	0.1688	90	130.493	130.500	130.500
PPV 13	16+200	130.500	0.00%	-0.20%	0.20%	CEMBUNG	60	6000	0.0005729	6	0.0030	12	130.500	130.4999	130.500
PPV 14	17+200	128.100	-0.20%	0.00%	-0.20%	CEKUNG	60	6000	0.0005729	-6	0.0030	-12	128.1001	128.100	128.100

4.5. Perhitungan Galian dan Timbunan

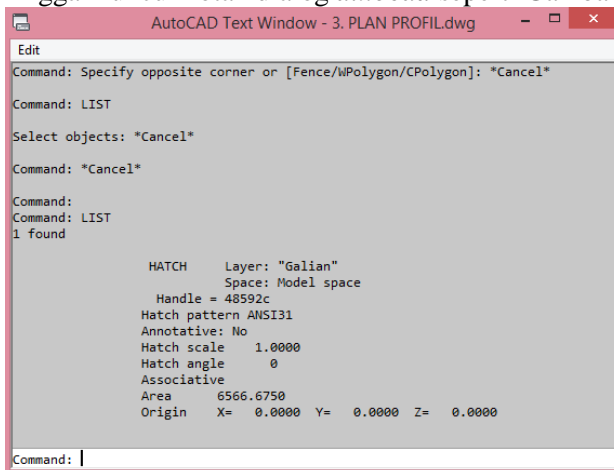
Perhitungan volume baik itu galian maupun timbunan dilakukan dengan menghitung selisih antara elevasi eksisting dan elevasi rencana pada gambar *long section* dengan pembagian seperti pada alinyemen vertikal. Untuk mengetahui volume galian dan timbunan dengan menggunakan bantuan *autocad* akan dijelaskan seperti pada langkah-langkah di bawah ini :



Gambar 4. 14 Galian dan Timbunan STA 6+100 – STA 7+000

Sumber : Software Autocad

- 1) Lakukan *select* pada *hatch* warna hijau → ketik “LIST” hingga muncul kotak dialog *autocad* seperti Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Hasil Area Galian STA 6+100 – STA 7+000

Sumber : Software Autocad

- 2) Salin nilai area galian yang telah dipilih ke dalam tabel perhitungan excel untuk selanjutnya menghitung volume.
- 3) Lakukan *step* 1 dan 2 untuk mengetahui area dari galian dan timbunan yang lain hingga selesai.

Karena data yang didapat dari *autocad* masih berupa pengukuran area, maka selanjutnya harus dihitung volume galian dan timbunan pada STA 6+100 – STA 7+000 seperti di bawah ini:

- Luas area galian (autocad) / AG = 6566.6750 m²
- h alinyemen vertikal (autocad) / ha = 5 m
- h alinyemen vertikal (sebenarnya) / hs = 1 m
- Lebar ROW = 12 m

Sehingga besarnya volume galian sebenarnya pada STA 6+100 – STA 7+000 adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas galian} &= \frac{AG}{ha} \\
 &= \frac{6566.6750}{5} \\
 &= 1313.3350 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume galian} &= \text{Luas galian} \times \text{lebar ROW} \\
 &= 1313.350 \text{ m}^2 \times 12 \text{ m} \\
 &= 15760.0200 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume galian dan timbunan pada STA yang lain akan disajikan pada Tabel 4.15 di bawah ini :

Tabel 4. 15 Volume Galian dan Timbunan

No.	Keterangan	Jarak	Gradien	Lebar ROW	Luas Autocad		Luas Sebenarnya		Volume Galian	Volume Timbunan
		(m)	(%)	(m)	Galian (m ²)	Timbunan (m ²)	Galian (m ²)	Timbunan (m ²)	(m ³)	(m ³)
1	STA 0+000 - STA 0+400	400	0.00	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	STA 0+400 - STA 1+400	1000	1.00	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	STA 1+400 - STA 2+400	1000	0.00	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	STA 2+400 - STA 3+200	800	0.25	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	STA 3+200 - STA 5+100	1900	0.00	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	STA 5+100 - STA 6+100	1000	5.00	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	STA 6+100 - STA 7+000	900	0.00	12	6566.6750	0.0000	1313.3350	0.0000	15760.0200	0.0000
8	STA 7+000 - STA 7+800	1000	1.60	12	2152.8354	0.0000	430.5671	0.0000	5166.8050	0.0000
9	STA 7+800 - STA 9+800	1800	0.00	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	STA 9+800 - STA 10+800	1000	0.30	12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	STA 10+800 - STA 14+200	3400	0.00	12	26010.4461	3171.8907	5202.0892	634.3781	62425.0706	7612.5377
12	STA 14+200 - STA 15+100	900	1.50	12	4643.4528	2730.0461	928.6906	546.0092	11144.2867	6552.1106
13	STA 15+100 - STA 16+200	1100	0.00	12	3063.0760	3691.5260	612.6152	738.3052	7351.3824	8859.6624
14	STA 16+200 - STA 17+200	1200	0.20	12	1956.0943	8077.5605	391.2189	1615.5121	4694.6263	19386.1452
15	STA 17+200 - STA 18+039	639	0.00	12	0.0000	5576.5698	0.0000	1115.3140	0.0000	13383.7675
Total									106542.1910	55794.2234

BAB V

PERENCANAAN KONSTRUKSI JALAN REL DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

5.1. Perencanaan Struktur Jalan Rel

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai struktur jalan rel yang akan digunakan. Perencanaan jalan rel lintas Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo menggunakan kriteria desain yang mengacu pada **PM No. 60 Tahun 2012** sebagai berikut :

- Lebar rel : 1067 mm
- Jenis rel : R42
- Kecepatan rencana : 60 km/jam
- Daya angkut lintas : $< 2,5 \times 10^6$ ton/tahun
- Beban gandar maksimum : 18 ton
- Jarak bantalan beton : 60 cm
- Tebal balas atas : 25 cm
- Lebar bahu balas : 35 cm
- Tipe penambat : pandrol (elastis ganda)
- Sambungan : las di tempat

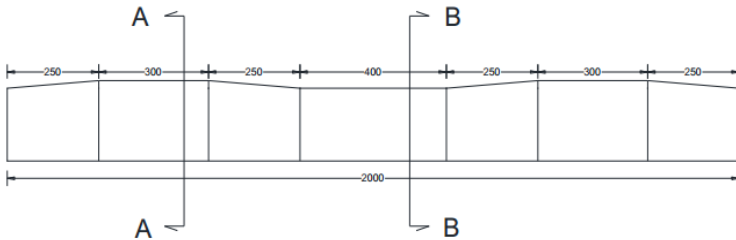
5.1.1 Rencana Dimensi Profil Rel

Berdasarkan **PM No. 60 Tahun 2012**, untuk perencanaan jalan kereta api dengan kelas jalan V maka jenis rel yang sesuai untuk kelas jalan tersebut adalah jenis rel R42. Dimensi rel terpilih dapat dilihat pada Gambar 5.1 di bawah ini :

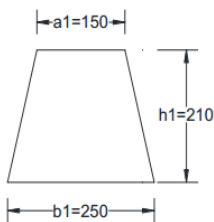


5.1.2 Penentuan Tipe Bantalan Beton

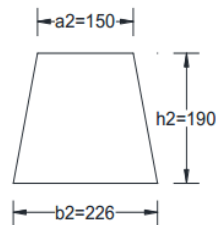
Berdasarkan **PM No. 60 Tahun 2012**, untuk perencanaan jalan kereta api dengan kelas jalan V maka yang jenis bantalan yang sesuai untuk kelas jalan tersebut adalah bantalan kayu atau baja. Namun untuk saat ini jenis bantalan yang paling sering digunakan adalah bantalan beton yang dinilai lebih mudah dalam pengadaan, lebih tahan lama, serta lebih ekonomis. Oleh karena itu, penulis menggunakan jenis bantalan beton yang diproduksi PT. WIKA BETON. Brosur bantalan yang dipakai dapat dilihat pada lampiran. Berikut adalah dimensi bantalan yang dipakai seperti pada Gambar 5.2 :



Gambar 5. 2 Bantalan Beton Tipe N-67



Gambar 5. 4 Potongan A-A



Gambar 5. 3 Potongan B-B

5.1.3 Perencanaan Balas dan Sub Balas

Berdasarkan **PM No. 60 Tahun 2012**, lapisan balas dan sub-balas pada dasarnya adalah terusan dari lapisan tanah dasar dan terletak di daerah yang mengalami konsentrasi tegangan yang terbesar akibat lalu lintas kereta pada jalan rel, oleh karena itu material pembentukannya harus sangat terpilih. Fungsi utama balas dan sub balas adalah untuk :

- Meneruskan dan menyebarkan beban bantalan ke tanah dasar.
- Mengokohkan kedudukan bantalan.
- Meluruskan air sehingga tidak terjadi penggenangan air di sekitar bantalan rel.

Karena perencanaan jalan rel ini termasuk ke dalam kelas jalan V, maka rencana dimensi formasi badan jalan rel seperti pada Tabel 5.1 di bawah ini :

Tabel 5. 1 Penampang Melintang Jalan Rel

Kelas Jalan	V maks (km/jam)	d1 (cm)	b (cm)	c (cm)	k1 (cm)	d2 (cm)	e (cm)	k2 (cm)
I	120	30	150	235	265	15-50	25	375
II	110	30	150	235	265	15-50	25	375
III	100	30	140	225	240	15-50	22	325
IV	90	25	140	215	240	15-35	20	300
V	80	25	135	210	240	15-35	20	300

Sumber : Peraturan Menteri 60, 2012

5.2. Perencanaan Bangunan Stasiun

Gedung kegiatan penunjang dan gedung jasa pelayanan khusus di stasiun kereta api ditetapkan berdasarkan kebutuhan pada masing-masing stasiun. Contoh perhitungan bangunan stasiun yang digunakan acuan adalah jenis emplasemen kecil di stasiun baru yaitu Stasiun Solo Balapan Baru dan Stasiun Bandara Adi Sumarmo. Data yang dibutuhkan untuk merencanakan dimensi stasiun adalah sebagai berikut :

5.3. Perencanaan Peron

Peron adalah bangunan yang terletak di samping jalur kereta api yang berfungsi untuk naik turun penumpang. Perencanaan peron disesuaikan dengan penampang melintang moda kereta api yang melintas. Persyaratan peron berdasarkan PM No. 29 Tahun 2011 Tentang Persyaratan Teknis Bangunan Stasiun Kereta sebagai berikut :

- a. Tinggi peron
 - Peron tinggi, tinggi peron 1000 mm diukur dari kepala rel.
 - Peron sedang, tinggi peron 430 mm diukur dari kepala rel.
 - Peron rendah, tinggi peron 180 mm diukur dari kepala rel.
- b. Panjang peron

Panjang peron sesuai dengan rangkaian terpanjang kereta api penumpang yang beroperasi.

Pada sampel perhitungan dimensi peron, yang digunakan acuan adalah jenis emplasemen kecil di stasiun baru yaitu Stasiun

Solo Balapan Baru dan Stasiun Bandara Adi Sumarmo. Jenis kereta api yang digunakan adalah kereta rel diesel elektrik (KRDE) buatan PT. INKA yang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Kapasitas penumpang (V) : 393 orang
- *Load factor* (LF) : 80%

$$\begin{aligned}
 L &= 0,64 \text{ m}^2/\text{orang} \times V \times LF \\
 &= 0,64 \text{ m}^2/\text{orang} \times 393 \times 80\% \\
 &= 201,22 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad \begin{aligned} \text{panjang} &= 19,30 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 11,00 \text{ m} \end{aligned}
 \end{aligned}$$



Kereta Rel Diesel Elektrik (KRDE)

Gambar 5. 5 Kereta Api Diesel Listrik (KRDE)

Sumber : PT. INKA

- Panjang rangkaian kereta :
 - Rangkaian 1 = 20,458 m
 - Rangkaian 2 = 20,708 m
 - Rangkaian 3 = 20,708 m

- Rangkaian 4 = 20,458 m
- Lebar kereta : 2,99 m
- Tinggi kereta : 3,82 m
- Kapasitas penumpang duduk : 200 orang
- Kapasitas penumpang total : 393 orang

Untuk informasi lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3 .
Dari data di atas dapat digunakan untuk menghitung dimensi rencana peron :

a. Panjang Peron

Untuk rencana panjang peron (L_p) dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_p &= \text{Panjang KA} + \text{penghubung rangkaian} \\ &= (2 \times 20,458) + (2 \times 20,708 \text{ m}) + (3 \times 0,5 \text{ m}) \\ &= 82,3335 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Lebar Peron

$$\begin{aligned} b &= \text{Lebar peron (m)} \\ V &= \text{Jumlah kapasitas maksimum penumpang kereta (orang)} \\ LF &= \text{Load factor (80\%)} \\ l &= \text{Panjang peron sesuai dengan rangkaian terpanjang kereta api penumpang yang beroperasi} \\ b &= \frac{0,64 \text{ m}^2/\text{orang} \times V \times LF}{l} \\ &= \frac{0,64 \text{ m}^2/\text{orang} \times 393 \times 80\%}{82,3335} \\ &= 2,45 \text{ m} \end{aligned}$$

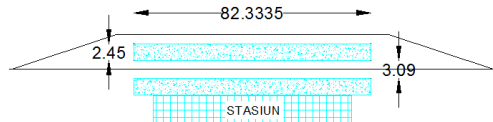
c. Jarak Antar 2 Peron

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar 2 peron} &= \text{lebar kereta} + (2 \times \text{celah antara badan kereta dan peron}) \\ &= 2,990 \text{ m} + (2 \times 0,05 \text{ m}) \end{aligned}$$

$$= 3,09 \text{ m}$$

d. Tinggi Peron

Direncanakan peron tinggi dengan tinggi peron 1000 mm dari kepala rel. Dari seluruh perhitungan di atas dapat divisualisasikan dimensi peron seperti pada Gambar 5.6.



STASIUN
UNIV MUHAMMADIYAH
Gambar 5. 6 Dimensi Peron

5.4. Perencanaan Emplasemen Stasiun

Emplasemen adalah konfigurasi jalan rel yang digunakan untuk menyusun kereta atau gerbong menjadi rangkaian yang dikehendaki dan menyimpannya pada waktu tidak digunakan. Pada Tugas Akhir ini akan dibahas *layout* emplasemen pada beberapa stasiun baru, yaitu Stasiun Solo Balapan Baru, Stasiun Univ Muhammadiyah, Stasiun Colomadu, dan Stasiun Bandara Adi Sumarmo.

5.4.1 Pola Operasi Kereta Api Bandara Adi Sumarmo pada Segmen 2

Berdasarkan data – data yang pernah ada pada bab sebelumnya perencanaan pola operasi didasari oleh:

- Kecepatan rata-rata kereta api 60 km/jam..
- Melewati 4 stasiun:
 - o Stasiun Solo Balapan Baru (baru)
 - o Stasiun Solo Balapan (sudah aktif)
 - o Stasiun Purwosari (sudah aktif)
 - o Stasiun Univ Muhammadiyah (baru)
 - o Stasiun Colomadu (baru)
 - o Stasiun Bandara (baru)

Berdasarkan parameter diatas terlihat kebutuhan dan *spoor siding* stasiun baru dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini :

Tabel 5. 2 Kebutuhan *Spoor Siding* Stasiun Baru

Stasiun	Kebutuhan
Solo Balapan Baru	1 untuk langsir 1 untuk jalan rel utama
Univ Muhammadiyah	1 untuk langsir 1 untuk jalan rel utama
Colomadu	1 untuk langsir 1 untuk jalan rel utama
Bandara	1 untuk langsir 1 untuk jalan rel utama

Untuk detail gambar emplasmen dapat dilihat pada Lampiran 4.

5.5. Rencana Anggaran Biaya

Dalam tugas akhir ini perhitungan rencana anggaran biaya konstruksi hanya dibatasi pada perencanaan biaya struktur dan pelaksanaan proyek. Rencana anggaran biaya tidak mencakup perhitungan biaya operasional dan produktivitas pekerja.

5.5.1 Volume Pekerjaan

Uraian pekerjaan serta volume dari proyek pembangunan jalur kereta api bandara segmen 2 dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini :

Tabel 5. 3 Volume Pekerjaan

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume
A	PENGADAAN BAHAN		
1	Rel JIS R. 42	m'	458
2	Bantalan beton termasuk alat penambat elastis ganda	set	19065
3	Wesel W10 sudut 1 : 10	Unit	6
B	PEKERJAAN PERSIAPAN		
1	Pembebasan lahan	m ²	62868
2	Pembersihan lahan (25%)	m ²	15717
3	Membuat direksi keet	m ²	108
4	Perlengkapan direksi keet dan penerangan	ls	4

5	Membuat alat semboyan	unit	57
6	Pengukuran dan pasang patok track baru	m' sp	11439
7	Bongkar direksi keet dan gudang kerja	m ²	108
C PEKERJAAN TANAH			
1	Galian tanah biasa (cut)	m ³	106542.191
2	Pengadaan, urugan dan pemadatan (fill)	m ³	65278.722
4	Balas kricak ukuran 2 x 6 cm ecer lokasi	m ³	6930
5	Pengadaan sub ballas	m ³	13860
D KONSTRUKSI PILAR			
1	Bored pile (f'c 29 Mpa)	m ³	4562
2	Pile cap (f'c 33,2 Mpa)	m ³	4224
3	Kolom pier (f'c 33,2 Mpa)	m ³	3740
4	Lantai kerja (f'c 10 Mpa)	m ³	3300
5	U-shaped girder	m' sp	3300
E KONSTRUKSI JALAN REL			
1	Menyetel dan pemasangan rel R42	m' sp	11439
2	Ongkos angkut dan ngecer bantalan beton + alat penambat di lokasi kerja	set	11439
3	Pemasangan rel R42 dan bantalan termasuk angkat listring dengan HTT sampai dilalui KA 60 km/jam	m' sp	11439
4	Mengelas rel dengan las thermit termasuk bahan	Titik	458
5	Menyetel wesel dan memasang R 42 sudut 1 : 10	Unit	6
F PEKERJAAN BALAS			
1	Mengerjakan balas baru	m ³	6930
G PEKERJAAN LAIN - LAIN			
1	Normalisasi saluran pembuangan di kanan / kiri jalan kereta api	m'	11439

5.5.2 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

Dalam menganalisa tiap-tiap pekerjaan pembangunan jalur kereta api bandara segmen 2 ini, penulis menggunakan acuan dari PM No. 78 Tahun 2014 Tentang Standar Biaya Di Lingkungan Kementerian Perhubungan untuk mendapatkan harga satuan dari masing-masing pekerjaan. Karena harga satuan pada sumber tersebut diterbitkan pada tahun 2014, maka perlu dihitung harga pada tahun 2018 dengan menggunakan tingkat inflasi di Indonesia. Rekapitulasi inflasi dapat dilihat pada Tabel 5.4 di bawah ini :

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Inflasi

Rekapitulasi Inflasi Th 2013-2018	
Tahun	Rata-Rata Inflasi per Tahun
2013	6.97%
2014	6.42%
2015	6.38%
2016	3.53%
2017	3.81%
2018	3.29%
Total	30.40%
Rata-rata inflasi	5.61%

Dari nilai rata-rata inflasi tersebut, akan dilakukan perhitungan untuk mengetahui harga pada tahun 2018. Kemudian untuk mendapatkan nilai biayanya, maka formula yang dipakai adalah volume dikali harga satuan. Berikut adalah sampel perhitungan bantalan beton termasuk alat penambat elastis ganda:

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= \text{panjang rel} : \text{jarak antar bantalan} \\ &= 11439 \text{ m} : 0.6 \text{ m} \\ &= 19065 \text{ set}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{FV} &= \text{PV} \times (1+i)^n \\ &= \text{Rp } 620,000.00 \times (1 + 5,61\%)^5 \\ &= \text{Rp } 771,355.13\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Harga} &= \text{volume} \times \text{HSPK 2018} \\ &= 19065 \times \text{Rp } 771,355.13 \\ &= \text{Rp } 14,705,885,606.94\end{aligned}$$

Berikut adalah rekapitulasi rencana anggaran biaya yang akan disajikan pada Tabel 5.5 di bawah ini :

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan 2014 (Rp)	Harga Satuan 2018 (Rp)	Jumlah (Rp)
A PENGADAAN BAHAN						
1	Rel JIS R. 50	m'	458	Rp 11,414,000.00	Rp 14,010,569.35	Rp 6,497,534,644.55
2	Bantalan beton termasuk alat penambat elastis ganda	Set	19065	Rp 620,000.00	Rp 761,043.72	Rp 14,509,298,484.20
3	Wesel W10 sudut 1 : 10	Unit	6	Rp 1,843,876.31	Rp 2,263,339.49	Rp 13,580,036.93
Jumlah A =						Rp 21,217,184,284.93
B PEKERJAAN PERSIAPAN						
1	Pembebasan lahan	m ²	62868	Rp 2,000,000.00	Rp 2,454,979.74	Rp 154,339,666,016.01
2	Pembersihan lahan (25%)	m ²	15717	Rp 14,900.16	Rp 18,289.80	Rp 287,460,714.75
3	Membuat direksi keet	m ²	108	Rp 368,372.67	Rp 452,173.72	Rp 48,834,761.76
4	Perlengkapan direksi keet dan penerangan	Ls	4	Rp 228,000.00	Rp 279,867.69	Rp 1,119,470.76
5	Membuat alat semboyan	unit	57	Rp 1,027,997.67	Rp 1,261,856.72	Rp 72,171,895.33
6	Pengukuran dan pasang patok track baru	m' sp	11439	Rp 33,266.73	Rp 40,834.57	Rp 467,106,692.09
7	Bongkar direksi keet dan gudang kerja	m ²	108	Rp 13,047.39	Rp 16,015.54	Rp 1,729,678.21
Jumlah B =						Rp 155,218,089,228.92
C PEKERJAAN TANAH						
1	Galian tanah biasa (cut)	m ³	355787.861	Rp 61,162.49	Rp 75,076.34	Rp 8,107,173,471.70
2	Pengadaan, urugan dan pemadatan (fill)	m ³	65278.722	Rp 272,484.19	Rp 334,471.58	Rp 18,914,428,797.63
4	Balas kricak ukuran 2 x 6 cm ecer lokasi	m ³	6930	Rp 460,076.42	Rp 564,739.14	Rp 3,913,642,267.63
5	Pengadaan sub ballas	m ³	13860	Rp 576,475.84	Rp 707,618.25	Rp 9,807,588,981.37
Jumlah C =						Rp 40,928,743,083.46
D KONSTRUKSI PILAR						
1	Bored pile (f'c 29 Mpa)	m ³	4562	Rp 2,248,826.87	Rp 2,760,412.20	Rp 12,591,875,667.38
2	Pile cap (f'c 33,2 Mpa)	m ³	4224	Rp 2,165,136.20	Rp 2,657,682.75	Rp 11,226,051,927.04
3	Kolom pier (f'c 33,2 Mpa)	m ³	3740	Rp 2,165,136.20	Rp 2,657,682.75	Rp 9,939,733,477.06
4	Lantai kerja (f'c 10 Mpa)	m ³	3300	Rp 1,984,296.36	Rp 2,435,703.68	Rp 8,037,822,132.73
5	U-shaped girder	m' sp	3300	Rp 1,579,757.73	Rp 1,939,136.61	Rp 6,399,150,803.54
Jumlah D =						Rp 48,194,634,007.75
E KONSTRUKSI JALAN REL						
1	Menyetel dan pemasangan rel R50	m' sp	11439	Rp 193,168.87	Rp 237,112.83	Rp 2,712,333,670.34
2	Ongkos angkut dan ngecer bantalan beton + alat penambat di lokasi kerja	Set	11439	Rp 37,794.19	Rp 46,391.99	Rp 530,677,919.69
3	Pemasangan rel R50 dan bantalan termasuk angkat listing dengan HTT sampai dilalui KA 60 km/jam	m' sp	11439	Rp 165,614.84	Rp 203,290.54	Rp 2,325,440,464.81
4	Mengelas rel dengan las thermit termasuk bahan	Titik	458	Rp 1,733,624.94	Rp 2,128,007.05	Rp 973,690,905.06
5	Menyetel wesel dan memasang R 50 sudut 1 : 10	Unit	6	Rp 5,096,874.38	Rp 6,256,361.66	Rp 37,538,169.95
Jumlah E =						Rp 6,579,681,129.86
F PEKERJAAN BALAS						
1	Mengerjakan balas baru	m ³	6930	Rp 576,541.27	Rp 707,698.57	Rp 4,904,351,071.29
Jumlah F =						Rp 4,904,351,071.29
G PEKERJAAN LAIN – LAIN						
1	Normalisasi saluran pembuangan di kanan / kiri jalan kereta api	m'	11439	Rp 30,014.18	Rp 36,842.10	Rp 421,436,802.95
Jumlah G =						Rp 421,436,802.95

	JUMLAH A – G =	Rp	280,381,475,257.45
	PPN (10%) =	Rp	28,038,147,525.74
	JUMLAH TOTAL =	Rp	308,419,622,783.19
	PEMBULATAN =	Rp	308,420,000,000.00
Terbilang : <i>Tiga Ratus Delapan Milyar Empat Ratus Dua Puluh Juta Rupiah</i>			

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa pemilihan trase, perencanaan perhitungan geometrik jalan rel, dan rencana anggaran biaya pada lintas Stasiun Solo Balapan Baru – Bandara Adi Sumarmo, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil membandingkan tiga alternatif trase jalur kereta api pada segmen 2 Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo dengan mempertimbangkan beberapa faktor menggunakan *Multi Criteria Analysis* maka didapat alternatif trase 3 (Jl. Jenderal Ahmad Yani) sebagai trase terbaik dengan nilai 177,63 dan panjang 18039 km.

2. Untuk perencanaan geometrik dan konstruksi jalan rel didapat hasil perhitungan sebagai berikut :

- a) Alinyemen Horisontal

Berdasarkan perencanaan lengkung horizontal didapat hasil kecepatan rencana 60 km/jam dengan jari-jari minimum 200 meter, menggunakan desain lengkung horisontal *Spiral–Circle–Spiral* pada semua tikungan, dan jumlah tikungan keseluruhan ada 22 tikungan.

- b) Alinyemen Vertikal

Berdasarkan perencanaan lengkung vertikal di dapat hasil jari-jari rencana 6000 meter dan jumlah lengkung 14 lengkung, landai maksimum yang digunakan yaitu berkisar antara 0% sampai 1,6% dan sesuai dengan kelayakan kelas jalan rel 5 sesuai dengan perencanaan.

- c) Konstruksi Jalan Rel

- Jenis rel = JIS tipe R42
- Sambungan rel = Las *aluminio-thermic welding*

- Bantalan = produk Wika Beton
 - Jarak pasang bantalan = 60 cm
 - Jenis penambat = pandrol (elastis ganda) *E-Clip*
 - Nomor wesel = W 10
3. Dari hasil analisa trase terpilih, didapatkan volume galian (*cut*) sebesar 106542.1910 m³ dan volume timbunan (*fill*) sebesar 55794.2234 m³.
 4. Berdasarkan hasil perhitungan emplasemen baru, didapat hasil sebagai berikut:
 - Jenis kereta api = KRDE (Kereta Api Diesel Listrik)
 - Panjang rangkaian kereta api = 82,3335 m
 - Dimensi gedung stasiun kecil = 201,22 m²
 - Jenis peron pada stasiun = peron tinggi
 - Lebar peron stasiun kecil = 2,45 m
 5. Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan jalur kereta api dari Stasiun Solo Balapan baru-Bandara Adi Sumarmo sebesar Rp 308,420,000,000.00 (*Tiga Ratus Delapan Milyar Empat Ratus Dua Puluh Juta Rupiah*).

6.2. Saran

Saran dalam perencanaan jalur kereta api segmen 2 Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo adalah sebagai berikut:

1. Trase jalur kereta api bandara pada segmen 2 yang dibangun pemerintah perlu ditinjau kembali.
2. Perencanaan konstruksi elevated diharapkan mampu meminimalisir penggusuran terhadap lahan warga disekitar lokasi pembangunan.

3. Penentuan emplasemen baru yang direncanakan diharapkan dapat menampung jumlah penumpang kereta api bandara.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Bank Indonesia. 2018. Laporan Inflasi Tahunan. <<https://www.bi.go.id/id/moneter/inflasi/data/Default.as>>. Diakses tanggal 6 Juni 2018.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2017. **Menhub: Bandara Adi Soemarmo Solo Dikembangkan Jadi Salah Satu Hub di Jawa**, <<http://www.dephub.go.id/post/read/menhub--bandara-adi-soemarmo-solo-dikembangkan-jadi-salah-satu-hub-di-jawa>>. Diakses tanggal 21 November 2017.
- Dwiky Pratama Putra. 2017. Tugas Akhir Terapan : **Desain Geometrik, Struktur, Beserta Metode Pelaksanaan Pembangunan Jalur Rel Ganda (Double Track) Trase Banyuwangi Baru-Kalibaru, Kab Banyuwangi**. Surabaya : Teknik Infrastruktur Sipil ITS.
- JFE Steel Corporation. **Catalog Railroad Rails**. Tokyo, Japan.
- Mendoza, Guillermo A. 1999. **Panduan untuk Menerapkan Analisis Multikriteria dalam Menilai Kriteria dan Indikator**. Diterjemahkan oleh : Ani Kartikasari dan Rita Maharani. Center for International Forestry Research : Jakarta.
- Menteri Perhubungan RI. 2009. **Peraturan Menteri Perhubungan No. 56 Tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian**. Jakarta.
- Menteri Perhubungan RI. 2011. **Peraturan Menteri Perhubungan No. 83 Tentang Standart Biaya Kementrian Perhubungan**. Jakarta.

Menteri Perhubungan RI . 2011. **Peraturan Menteri Perhubungan No. 29 Tentang Persyaratan Teknis Bangunan Stasiun Kereta Api.** Jakarta.

Menteri Perhubungan RI. 2012. **Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api.** Jakarta.

Menteri Perhubungan RI. 2014. **Peraturan Menteri Perhubungan No. 78 Tentang Standar Biaya Di Lingkungan Kementerian Perhubungan.** Jakarta.

Modul Geometrik. **Rekayasa Jalan Raya dan Rel (PS-1364).** Surabaya : Jurusan Teknik Sipil ITS.

Modul Rel. **Prasarana Transportasi Jalan Rel.** Yogyakarta : Jurusan Teknik Sipil UMY.

Nirwan Prinanto. 2012. Tugas Akhir : **Studi Alternatif Pemilihan Trase Transportasi Massal Surabaya Timur Dengan Surabaya Barat.** Surabaya : Teknik Sipil ITS.

PT Industri Kereta Api Madiun. 2018. Kereta Berpenggerak. <<https://www.inka.co.id/product/view/6>>. Diakses tanggal 3 Juni 2018.

Railway Concrete Product. **Brosur PT. WIKA Beton.** Jakarta.

Rizqy Mukhlis Khoiruddin. 2016. Tugas Akhir : **Perencanaan Revitalisasi Jalur Kereta Api Lintas Semarang-Demak.** Surabaya : Teknik Sipil ITS.

Subarkah, I. 1981. **Jalan Kereta Api.** Bandung : Idea Dharma.

- Tamin, Ofyar Z. 2002. Perencanaan dan Pemodelan Transportasi. Bandung : ITB
- The Urbanaut Monorail Technology. 2018. Vehicles & Capacities.<<http://urbanaut.com/Vehicle/Concepts/and/Capacities>> . Diakses tanggal 13 April 2018.
- Utomo, S.H.T. 2009. **Jalan Rel**. Yogyakarta : Beta Offset.
- Yugo Ismoyo. 2017. Tugas Akhir : **Perencanaan Jalur Ganda Kereta Api Lintas Bangil-Malang**. Surabaya : Teknik Sipil ITS.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Endah Tri Listiari,
Penulis dilahirkan di Sidoarjo 1 Agustus 1995, merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Darma Wanita II Krikilan (Gresik), SDN III Krikilan (Gresik), SMP Negeri 1 Krian (Sidoarjo), SMA Negeri 1 Sidoarjo (Sidoarjo). Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Sidoarjo tahun 2013, Penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di Jurusan Diploma III Teknik Sipil

FTSP-ITS pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3113 030 103. DiJurusan Diploma III Teknik Sipil penulis mengambil bidang studi Bangunan Transportasi. Penulis sempat mengikuti magang kerja di “Proyek Tol Surabaya-Mojokerto Seksi 1B, PT. WIKA Persero Tbk” pada tahun 2015. Penulis pernah aktif di Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil (HMDS) sebagai staff di departemen Pengembangan Sumber Daya Manusia (PSDM) periode 2014-2015. Kemudian setelah lulus dari Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS, penulis mengikuti ujian masuk Program S1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS dan diterima di Program S1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS pada tahun 2016 dan terdaftar dengan NRP 03111 645 000 048. Untuk pertanyaan mengenai Tugas Akhir dapat menghubungi penulis via email : endah.listiari@gmail.com.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 1

STA	Elv. Kontur (m)		Jarak antar Kontur (m)	Jarak Titik STA ke Kontur Terdekat (m)	Elevasi Eksisting (m)	Elevasi Rencana (m)
	Kiri	Kanan				
0+000	107.50	107.50	100.3666	21.4268	107.500	105.000
0+200	107.50	107.50	81.5762	1.9243	107.500	105.000
0+400	105.00	102.50	121.1568	24.0745	104.503	105.000
0+600	100.00	100.00	95.9201	21.4430	100.000	103.000
0+800	100.00	100.00	78.3235	16.4358	100.000	101.000
0+900	100.00	102.50	53.8547	11.6416	100.540	100.000
1+100	100.00	102.50	37.9631	0.1030	100.007	98.000
1+200	100.00	100.00	75.4635	25.5479	100.000	97.000
1+300	100.00	100.00	110.7427	46.4498	100.000	96.000
1+400	97.50	100.00	46.6096	9.7912	98.025	95.000
1+500	100.00	100.00	65.4213	18.1017	100.000	95.000
1+600	97.50	95.00	75.5535	5.1952	97.328	95.000
1+700	97.50	97.50	190.6958	30.2918	97.500	95.000
1+900	100.00	97.50	152.5733	72.5696	98.811	95.000
2+000	97.50	100.00	324.3948	93.1236	98.218	95.000
2+100	100.00	100.00	162.6138	69.4806	100.000	95.000
2+200	95.00	95.00	81.5938	39.8980	95.000	95.000
2+300	95.00	95.00	204.7459	55.9057	95.000	95.000
2+400	95.00	95.00	336.1198	104.9790	95.000	95.000
2+500	97.50	97.50	246.4343	55.8811	97.500	94.750
2+600	97.50	95.00	303.8704	40.6477	97.166	94.500
2+700	100.00	97.50	264.2460	66.0596	99.375	94.250
2+800	100.00	97.50	198.5212	46.5500	99.414	94.000
2+900	100.00	97.50	155.4096	71.8384	98.844	93.750
3+000	100.00	100.00	156.9047	39.6881	100.000	93.500
3+100	100.00	100.00	330.5333	134.7305	100.000	93.250
3+200	100.00	100.00	41.8801	16.9303	100.000	93.000
3+300	100.00	100.00	223.5613	104.1923	100.000	93.000
3+500	97.50	97.50	188.0121	38.0141	97.500	93.000
3+700	97.50	97.50	627.9757	70.8346	97.500	93.000
3+900	97.50	97.50	627.9757	270.8217	97.500	93.000
4+100	97.50	97.50	627.9757	157.1540	97.500	93.000
4+300	97.50	95.00	758.1929	5.3835	97.482	93.000
4+500	97.50	95.00	758.1929	205.3835	96.823	93.000
4+700	97.50	95.00	758.1929	352.8094	96.337	93.000
4+900	97.50	95.00	758.1929	152.8094	96.996	93.000
5+100	95.00	95.00	69.0767	21.7335	95.000	93.000
5+300	97.50	97.50	96.6191	0.6081	97.500	94.000
5+500	97.50	97.50	79.0596	32.3964	97.500	95.000
5+700	95.00	97.50	56.5869	26.9929	96.193	96.000

5+900	100.00	100.00	299.4834	135.7565	100.000	97.000
6+100	102.50	100.00	106.8229	35.2105	101.676	98.000
6+300	102.50	100.00	705.8609	297.4214	101.447	98.000
6+500	100.00	102.50	281.2796	78.8249	100.701	98.000
6+600	100.00	102.50	221.8007	23.6610	100.267	98.000
6+700	102.50	102.50	238.5451	41.6290	102.500	98.000
6+800	100.00	100.00	178.0598	76.0864	100.000	98.000
7+000	102.50	102.50	213.4617	35.4282	102.500	98.000
7+200	100.00	105.00	164.0928	32.7161	100.997	101.200
7+400	100.00	105.00	213.7748	101.1335	102.365	104.400
7+600	102.50	100.00	99.6159	4.0810	102.398	107.600
7+800	105.00	102.50	137.9161	11.5584	104.790	110.800
8+000	105.00	105.00	86.5298	35.8417	105.000	114.000
8+200	105.00	107.50	56.7242	22.5889	105.996	114.000
8+300	105.00	105.00	139.4776	20.3741	105.000	114.000
8+400	107.50	107.50	348.0453	140.9073	107.500	114.000
8+500	107.50	105.00	264.0815	53.6123	106.992	114.000
8+700	107.50	107.50	169.2533	39.6960	107.500	114.000
8+800	105.00	105.00	82.9291	30.8844	105.000	114.000
8+900	105.00	105.00	87.3197	18.0283	105.000	114.000
9+000	105.00	107.50	78.3544	38.1709	106.218	114.000
9+200	107.50	107.50	327.7952	62.2320	107.500	114.000
9+400	107.50	105.00	131.1751	14.2757	107.228	114.000
9+600	107.50	107.50	92.8608	27.8862	107.500	114.000
9+800	110.00	107.50	184.0008	86.3918	108.826	114.000
10+000	110.00	110.00	223.1708	87.3210	110.000	114.600
10+200	112.50	115.00	141.3430	33.7816	113.098	115.200
10+300	112.50	112.50	66.5202	32.2127	112.500	115.500
10+400	115.00	112.50	149.9036	25.9839	114.567	115.800
10+600	115.00	112.50	98.1110	43.4164	113.894	116.400
10+700	117.50	112.50	141.0766	58.4757	115.428	116.700
10+800	115.00	115.00	279.3213	77.7627	115.000	117.000
11+000	115.00	115.00	223.5309	63.9373	115.000	117.000
11+200	117.50	117.50	130.8753	28.7911	117.500	117.000
11+300	117.50	120.00	153.3116	21.7820	117.855	117.000
11+400	117.50	117.50	150.6068	12.5203	117.500	117.000
11+600	120.00	117.50	348.9326	98.5124	119.294	117.000
11+700	120.00	120.00	41.4161	0.3501	120.000	117.000
11+800	120.00	120.00	71.4501	32.5274	120.000	117.000
11+900	120.00	117.50	131.4133	0.6700	119.987	117.000
12+000	120.00	120.00	140.2146	60.3376	120.000	117.000
12+100	120.00	120.00	356.7923	110.7632	120.000	117.000
12+200	120.00	120.00	75.8966	13.7153	120.000	117.000
12+300	120.00	120.00	166.7711	26.8708	120.000	117.000

12+400	120.00	120.00	61.5663	25.1024	120.000	117.000
12+600	120.00	117.50	34.0113	10.3115	119.242	117.000
12+800	117.50	117.50	95.7240	32.7250	117.500	117.000
13+000	117.50	115.00	150.7795	19.5328	117.176	117.000
13+200	117.50	115.00	52.2630	16.5224	116.710	117.000
13+400	117.50	115.00	124.7507	35.4633	116.789	117.000
13+600	117.50	117.50	187.4950	20.3181	117.500	117.000
13+800	120.00	120.00	120.3094	6.8177	120.000	117.000
13+900	120.00	117.50	36.6069	3.3061	119.774	117.000
14+000	120.00	117.50	114.8335	26.0664	119.433	117.000
14+100	120.00	120.00	80.8035	0.4703	120.000	117.000
14+200	120.00	122.50	106.8037	35.7224	120.836	117.000
14+300	122.50	122.50	68.4654	16.6639	122.500	118.500
14+500	122.50	120.00	263.7930	10.3480	122.402	121.500
14+600	122.50	122.50	123.0076	16.0966	122.500	123.000
14+700	125.00	125.00	247.9905	46.9165	125.000	124.500
14+800	125.00	127.50	122.8805	0.1744	125.004	126.000
14+900	125.00	127.50	30.8178	13.3618	126.084	127.500
15+000	127.50	127.50	239.4350	44.6252	127.500	129.000
15+100	127.50	127.50	302.5461	72.1554	127.500	130.500
15+200	127.50	127.50	115.1458	41.9086	127.500	130.500
15+300	130.00	130.00	305.5613	139.8963	130.000	130.500
15+400	130.00	130.00	69.9673	26.1697	130.000	130.500
15+500	130.00	130.00	85.7861	14.8721	130.000	130.500
15+600	130.00	130.00	85.5685	456.2448	130.000	130.500
15+700	130.00	130.00	298.8692	115.8941	130.000	130.500
15+800	132.50	132.50	225.5894	109.9139	132.500	130.500
15+900	135.00	132.50	54.6339	14.4001	134.341	130.500
16+000	130.00	130.00	86.2772	1.6074	130.000	130.500
16+100	130.00	130.00	155.1807	28.8432	130.000	130.500
16+200	132.50	130.00	262.3130	20.5842	132.304	130.500
16+300	127.50	127.50	111.2228	0.2302	127.500	130.300
16+400	127.50	127.50	104.2786	40.9871	127.500	130.100
16+500	130.00	127.50	337.8772	73.3324	129.457	129.900
16+600	130.00	132.50	417.9369	120.6331	130.722	129.700
16+800	130.00	132.50	57.1150	17.4582	130.764	129.300
17+000	127.50	127.50	175.4930	18.9565	127.500	128.900
17+100	122.50	122.50	87.9408	27.3890	122.500	128.700
17+200	127.50	125.00	44.1113	13.8455	126.715	128.500
17+400	127.50	125.00	44.3758	13.2181	126.755	128.100
17+600	127.50	127.50	243.5331	117.0578	127.500	128.100
17+800	125.00	125.00	48.4374	16.3308	125.000	128.100
18+000	125.00	127.50	53.9049	25.6844	126.191	128.100
18+039	127.50	127.50	128.2764	13.4341	127.500	128.100

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RAILWAY CONCRETE PRODUCT

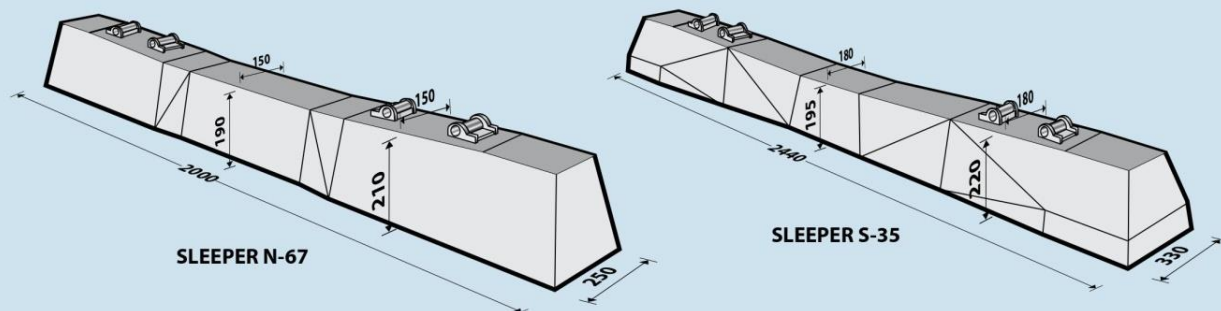
DESCRIPTION

Type of Railway Product :
 Prestressed Concrete Sleepers
 Prestressed Concrete Turnout Sleepers
 Prestressed Concrete Catenary Poles

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	PD No.10 - Perumka AREMA Chapter 30 - 2009 GOST 10629 - 1988 TB/T 3080 - 2030 JIS A 5309 - 1981	Indonesian Railways Design Reference American Railway Engineering Manitenance of Ways Prestressed Concrete Sleepers for Railway Wide 1520 mm Technical Concrete Sleeper Railway Industry Standards Prestressed Concrete Spun Poles
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

PRODUCT SHAPE & SPECIFICATION | PC SLEEPERS



PC SLEEPERS DIMENSION

Type	Sleeper Length (mm)	Depth (mm)		Width at Rail Seat (mm)		Width at Center (mm)	
		at rail seat	at center	Upper	Bottom	Upper	Bottom
N-67	2000	210	190	150	250	150	226
S-35	2440	220	195	190	310	180	240
W-20	2700	195	145	224	300	182	250

PC SLEEPERS SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm²)

Type * **	Track Gauge (mm)	Design Axle Load (ton)	Train Speed (km/h)	Sleeper Weight (kg)	Design Bending Moments (kg.m)				Design Reference ***
					Moments at Rail Seat		Moments at Centre		
					positive (+)	negative (-)	positive (+)	negative (-)	
N-67	1067	18	120	190	1500	750	660	930	PERUMKA PD - 10
S-35	1435	25	200	330	2300	1500	1300	2100	AREMA
W-20	1520	23	120	275	1300	-	-	980	GOST 10629 Grade-1

Note: *) Type of Rail is available for R-33, R-38, R-40, R-42, R-50, R-54 & R-60
 **) Type of fastening is available for Pindad E-Clip, Pandrol E-Clip, Vossloch Clip, DE-Clip or others adjustable to customer requirement
 ***) Standard design reference is adjustable to customer requirement

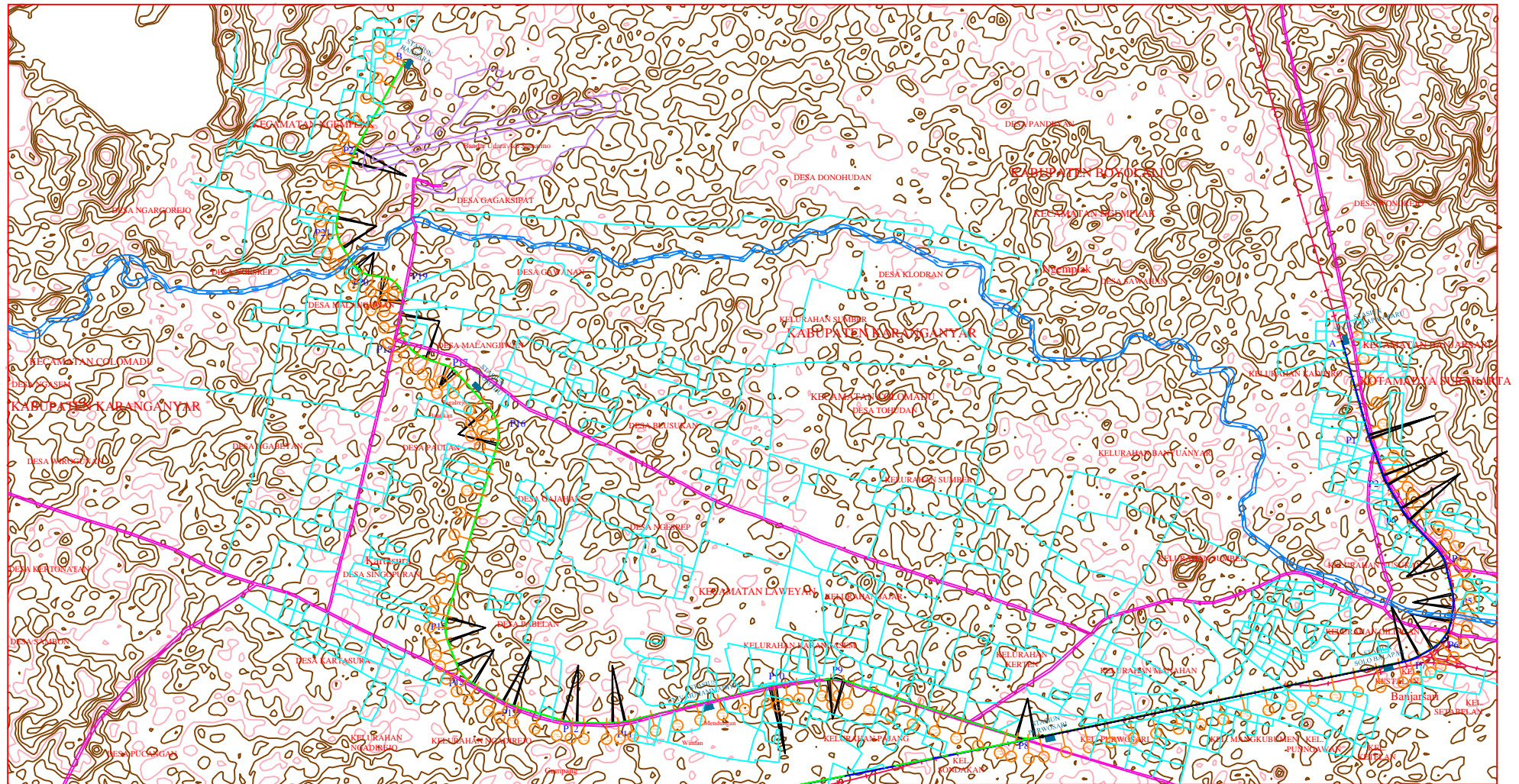
Lampiran 3

DATA TEKNIS

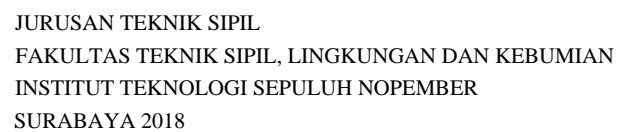
Konfigurasi	: TeC ₁ - M - T - TeC ₂
Kecepatan maksimum operasional	: 100 km/jam
Lebar sepur	: 1.067 mm
Panjang <i>carbody</i> kereta	: TeC = 20.458 mm M, T = 20.708 mm
Lebar <i>carbody</i> kereta	: 2.990 mm
Tinggi lantai diukur dari kepala rel	
Dimensi umum	: 1.100 mm
Khusus pada area <i>engine</i>	: 1.200 mm
Tinggi atap dari kepala rel (termasuk AC)	: 3.820 mm
Jarak antara pusat bogie	: 14.000 mm
Jarak sumbu roda bogie	: 2.200 mm
Diameter roda baru	: 860 mm
Diameter roda minimum	: 780 mm
Berat kosong maksimal	: TeC = 43,5 ton M = 43,5 ton T = 38,5 ton
Tempat duduk	: TeC ₁ = 46 kursi M = 56 kursi T = 52 kursi TeC ₂ = 46 kursi



Rangkaian Kereta Rel Diesel Elektrik (KRDE)

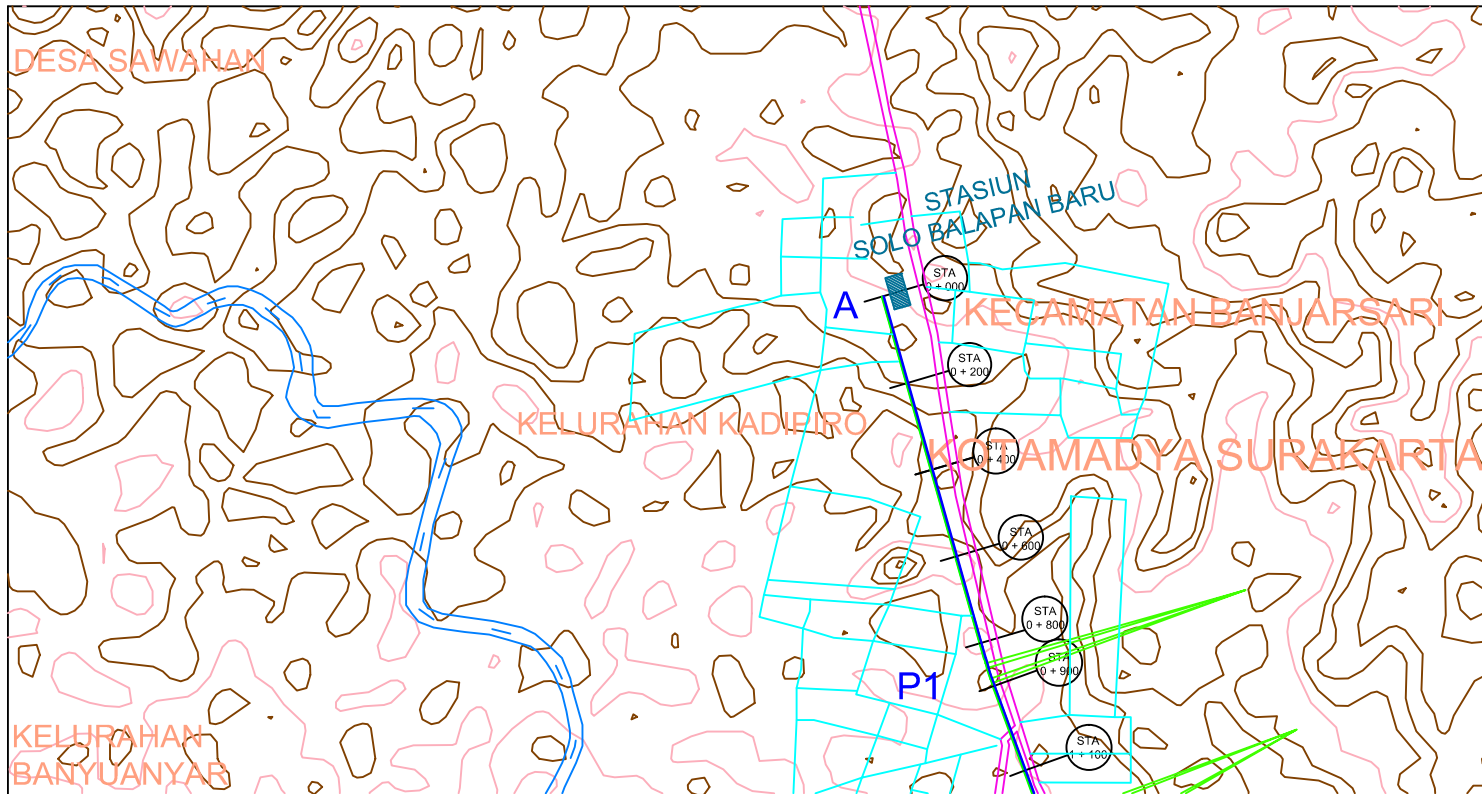


A horizontal number line is shown, labeled with '1' at the left end and '2 km' at the right end. There are tick marks every 0.1 km. A shaded rectangular region is drawn between the 0 and 1 km marks, representing the distance between the two points.



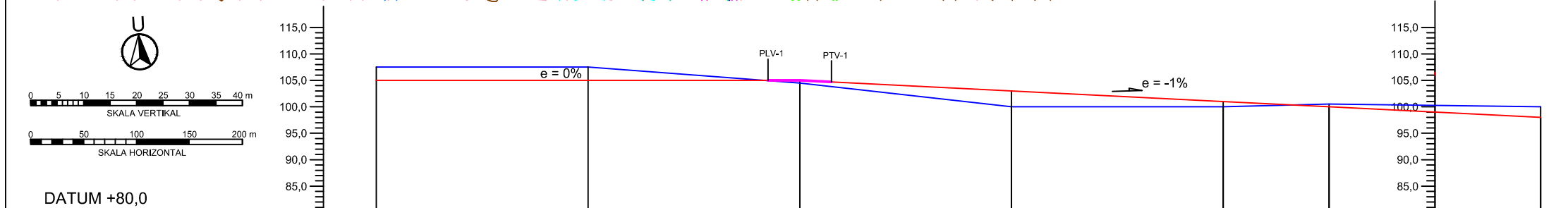
JUDUL TUGAS AKHIR
Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2 Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

32	01
----	----



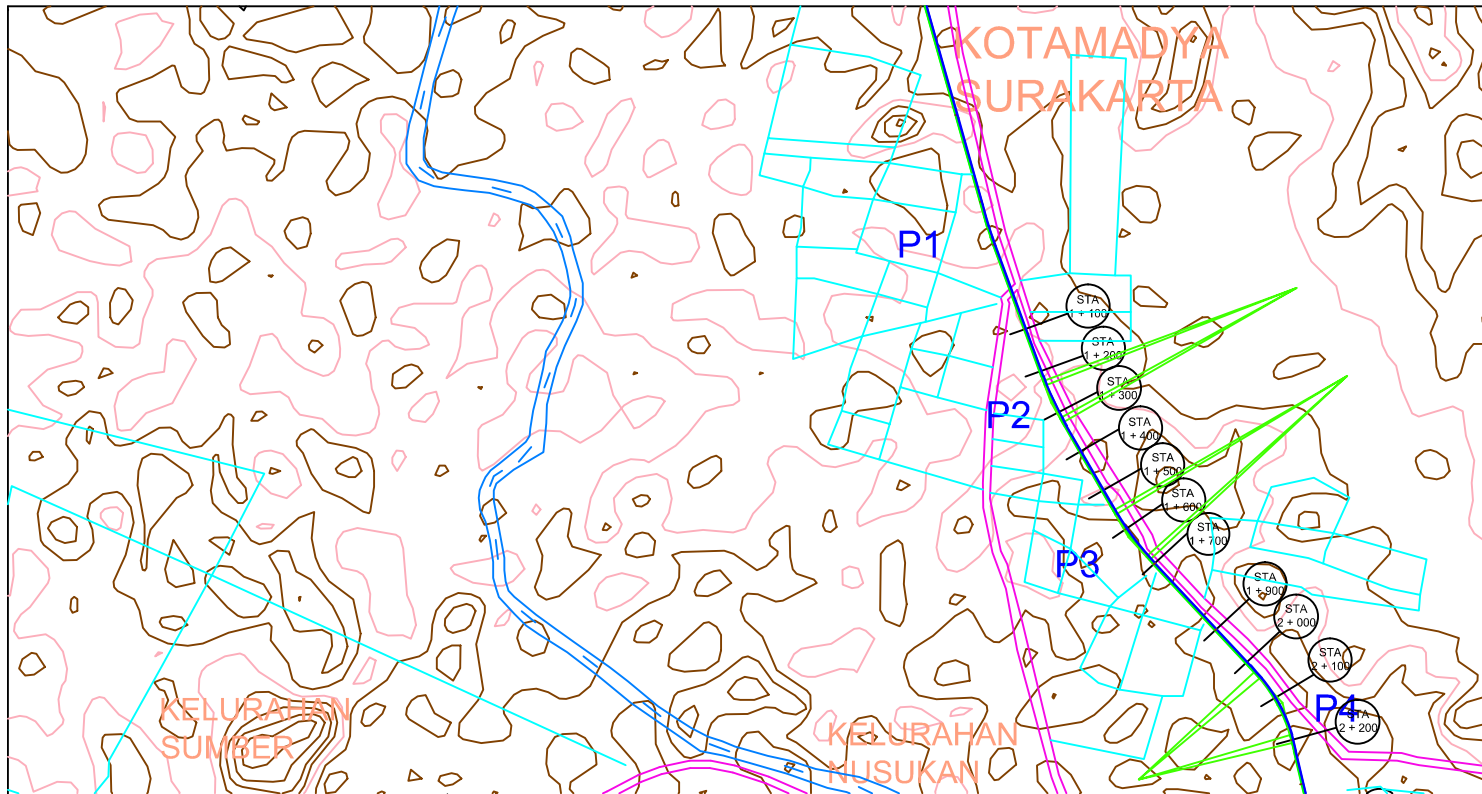
SCS - P1			
x = 11980,5064° , y = -3782,6433°			
Δ	= 4,4070°	p	= 0,0319 m
R	= 600 m	k	= 10,7102 m
V	= 60 km/jam	Ts	= 33,7978 m
h	= 35,7000 mm	E	= 0,4759 m
Lh	= 21,4200 m	Xs	= 21,4193 m
θs	= 1,0227°	Ys	= 0,1274 m
Lc	= 24,7306 m	w	= 0,5000 mm

PPV 1	
STA	= 0+400
V	= 60 km/jam
Xm	= 30 m
Ym	= 0,0750 m
L	= 60 m
PLV	= 105,000 m
PTV	= 104,997 m
PPV	= 105,000 m



STA	0 + 000	0 + 200	0 + 400	0 + 600	0 + 800	0 + 900	1 + 100
JARAK ANTAR STA (m)		200	200	200	200	100	200
JARAK KOMULATIF (m)	0	200	400	600	800	900	1100
ELEVASI AS EKSISTING (m) (———)	107,500	107,500	104,503	100,000	100,000	100,540	100,007
ELEVASI AS RENCANA (m) (———)	105,000	105,000	105,000	103,000	101,000	100,000	98,000



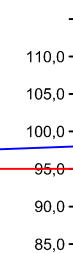
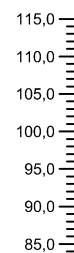
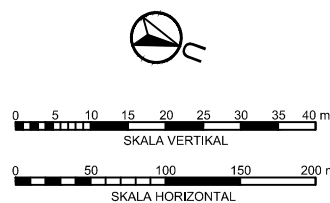


SCS - P2			
x = 12119,7429° , y = -4162,0576°			
Δ = 9,7315°	p = 0,0319 m	k = 10,7102 m	Ts = 61,7898 m
R = 600 m	k = 10,7102 m	E = 2,2021 m	Xs = 21,4193 m
V = 60 km/jam	Ts = 61,7898 m	Ys = 0,1274 m	w = 0,5000 mm
h = 35,7000 mm	E = 2,2021 m		
Lh = 21,4200 m	Xs = 21,4193 m		
θs = 1,0227°	Ys = 0,1274 m		
Lc = 80,4887 m	w = 0,5000 mm		

SCS - P3			
x = 12291,7621° , y = -4461,4079°			
Δ = 13,0627°	p = 0,0319 m	k = 10,7102 m	Ts = 61,7898 m
R = 600 m	k = 10,7102 m	E = 2,2021 m	Xs = 21,4193 m
V = 60 km/jam	Ts = 61,7898 m	Ys = 0,1274 m	w = 0,5000 mm
h = 35,7000 mm	E = 2,2021 m		
Lh = 21,4200 m	Xs = 21,4193 m		
θs = 1,0227°	Ys = 0,1274 m		
Lc = 115,3729 m	w = 0,5000 mm		

SCS - P4			
x = 12633,4954° , y = -4828,5623°			
Δ = 29,5615°	p = 0,1606 m	k = 18,3581 m	Ts = 110,7487 m
R = 350 m	k = 18,3581 m	E = 12,1443 m	Xs = 36,7099 m
V = 60 km/jam	Ts = 110,7487 m	Ys = 0,8421 m	w = 4,8571 mm = 20 mm
h = 61,2000 mm	E = 12,1443 m		
Lh = 36,7200 m	Xs = 36,7099 m		
θs = 3,0056°	Ys = 0,8421 m		
Lc = 143,8606 m	w = 4,8571 mm = 20 mm		

PPV 2	
STA = 1+400	V = 60 km/jam
Xm = 30 m	Ym = 0,0750 m
L = 60 m	PLV = 95,003 m
PTV = 95,000 m	PPV = 95,000 m



DATUM +80,0

STA	1 + 100	1 + 200	1 + 300	1 + 400	1 + 500	1 + 600	1 + 700	1 + 900	2 + 000	2 + 100	2 + 200
JARAK ANTAR STA (m)	100	100	100	100	100	100	200	100	100	100	
JARAK KOMULATIF (m)	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1900	2000	2100	2200
ELEVASI AS EKSISTING (m) (———)	101,007	100,000	100,000	98,025	100,000	97,328	97,500	98,811	98,218	100,000	95,000
ELEVASI AS RENCANA (m) (———)	98,000	97,000	96,000	95,000	95,000	95,000	95,000	95,000	95,000	95,000	95,000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

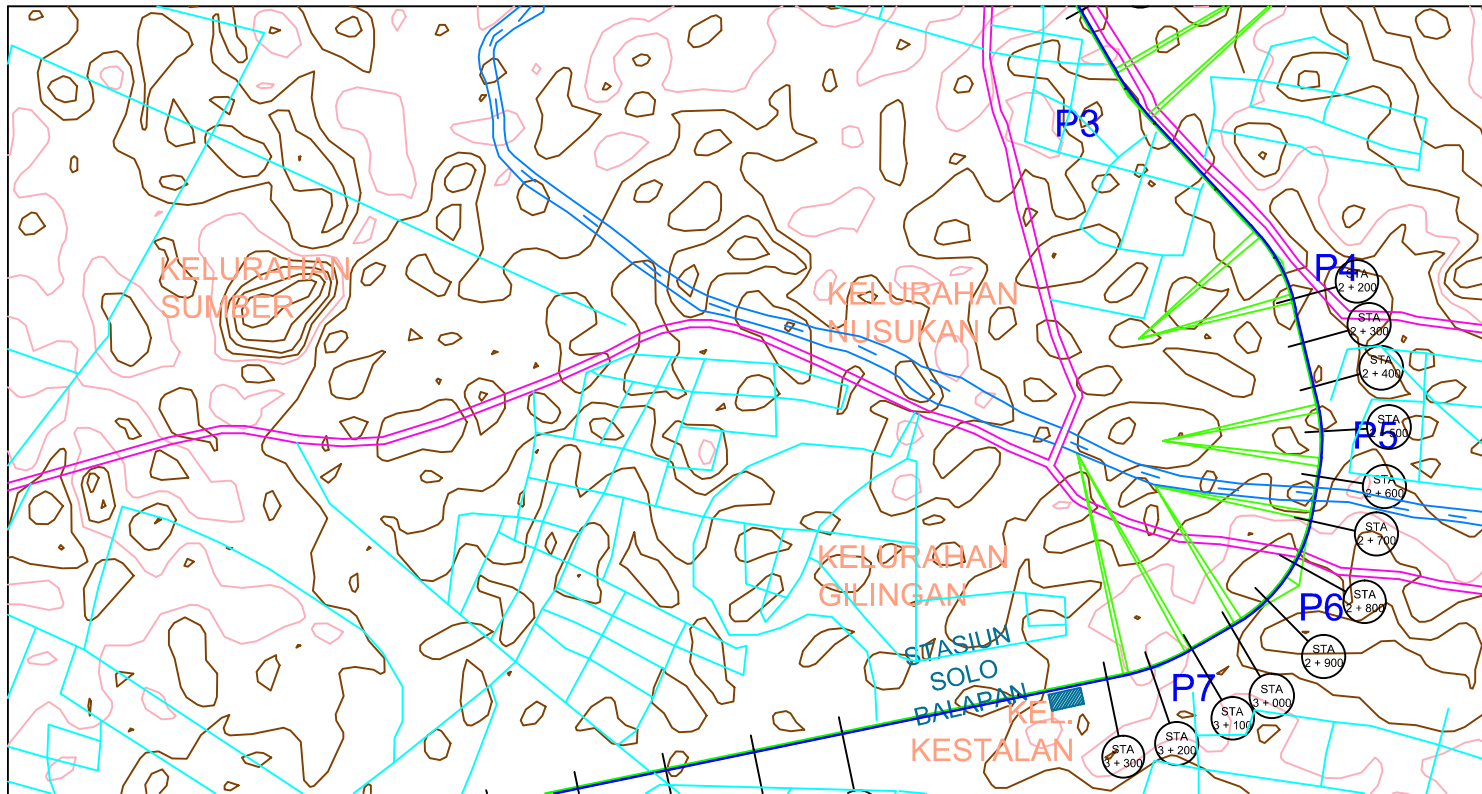
MAHASISWA

Endah Tri Listiari
NRP. 03111645000048

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2
Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

SKALA	JML LEMBAR	NO LEMBAR
	32	03



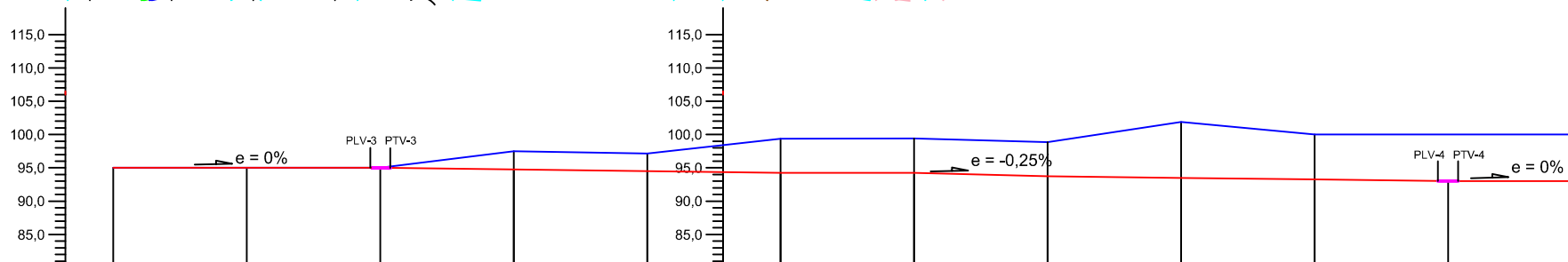
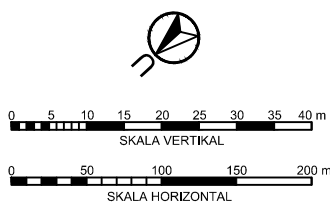
SCS - P5			
x = 12724,9351° , y = -5212,8418°			
Δ = 22,6125°	p = 0,1606 m	k = 18,3581 m	
R = 350 m	k = 18,3581 m	Ts = 88,3668 m	
V = 60 km/jam	E = 7,0906 m	Xs = 36,7099 m	
h = 61,2000 mm	Ys = 0,6421 m		
Lh = 36,7200 m			
θs = 3,0056°			
Lc = 101,4116 m	w = 4,8571 mm = 20 mm		

SCS - P6			
x = 12670,5912° , y = -5547,3419°			
Δ = 13,0627°	p = 0,1606 m	k = 18,3581 m	
R = 600 m	k = 18,3581 m	Ts = 184,5532 m	
V = 60 km/jam	E = 37,5993 m	Xs = 36,7099 m	
h = 35,7000 mm	Ys = 0,6421 m		
Lh = 21,4200 m			
θs = 1,0227°			
Lc = 115,3729 m	w = 4,8571 mm = 20 mm		

SCS - P7			
x = 12358,2779° , y = -5727,5962°			
Δ = 18,3040°	p = 0,0551 m	k = 12,8520 m	
R = 500 m	k = 12,8520 m	Ts = 93,4134 m	
V = 60 km/jam	E = 6,5030 m	Xs = 25,7023 m	
h = 42,8400 mm	Ys = 0,2202 m		
Lh = 25,7040 m			
θs = 1,4727°			
Lc = 134,0291 m	w = 1,000 mm = 10 mm		

PPV 3	
STA = 2+400	V = 60 km/jam
Xm = 7,5 m	Ym = 0,0047 m
L = 15 m	PLV = 95,000 m
PTV = 94,9998 m	PPV = 95,000 m

PPV 4	
STA = 3+200	V = 60 km/jam
Xm = 7,5 m	Ym = 0,0047 m
L = 15 m	PLV = 93,0002 m
PTV = 93,000 m	PPV = 93,000 m



STA	2 + 200	2 + 300	2 + 400	2 + 500	2 + 600	2 + 700	2 + 800	2 + 900	3 + 000	3 + 100	3 + 200	3 + 300
JARAK ANTAR STA (m)		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
JARAK KOMULATIF (m)	2200		2400	2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300
ELEVASI AS EKSISTING (m) (—————)	95,000	95,000	95,000	97,500	97,166	99,375	99,414	98,844	101,868	100,000	100,000	100,000
ELEVASI AS RENCANA (m) (—————)	95,000	95,000	95,000	94,750	94,500	94,250	94,000	93,750	93,500	93,250	93,000	93,000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

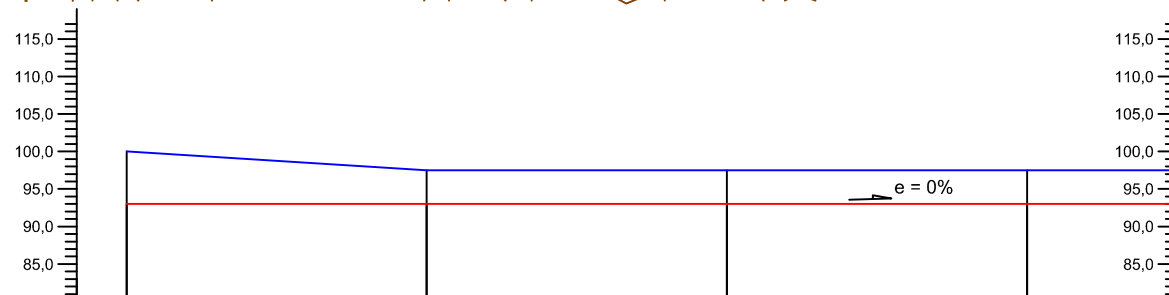
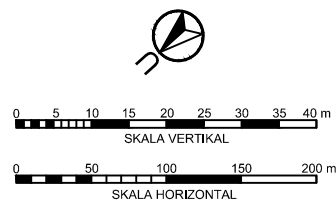
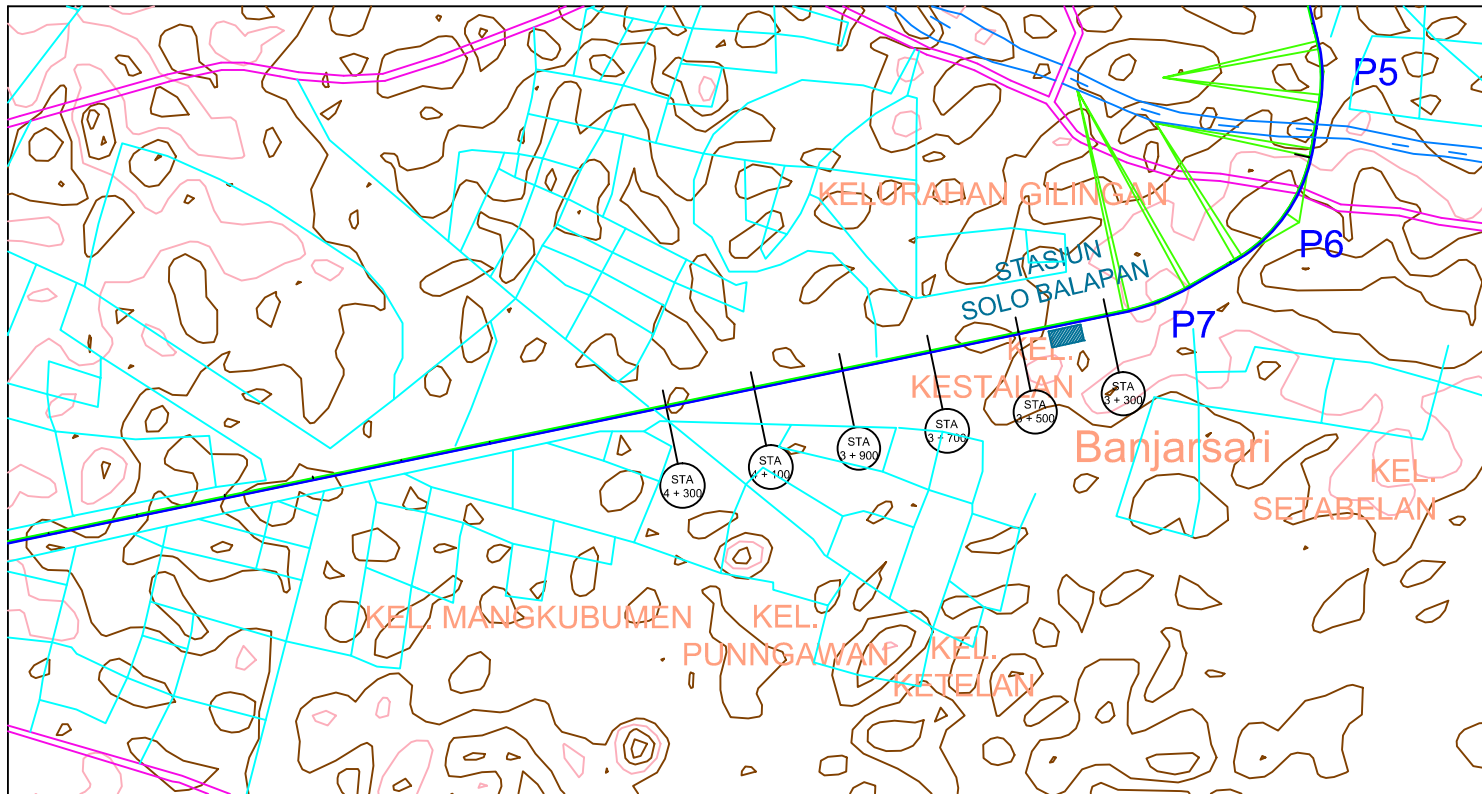
MAHASISWA

Endah Tri Listiari
NRP. 03111645000048

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2
Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

SKALA	JML LEMBAR	NO LEMBAR
	32	04



DATUM +80,0

STA	3 + 300	3 + 500	3 + 700	3 + 900	4 + 100	4 + 300
JARAK ANTAR STA (m)		200	200	200	200	
JARAK KOMULATIF (m)	3300	3500	3700	3900	4100	4300
ELEVASI AS EKSISTING (m) (———)	100,000	97,500	97,500	97,500	97,500	97,482
ELEVASI AS RENCANA (m) (———)	93,000	93,000	93,000	93,000	93,000	93,000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

MAHASISWA
Endah Tri Listiari
NRP. 03111645000048

JUDUL TUGAS AKHIR
Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2
Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

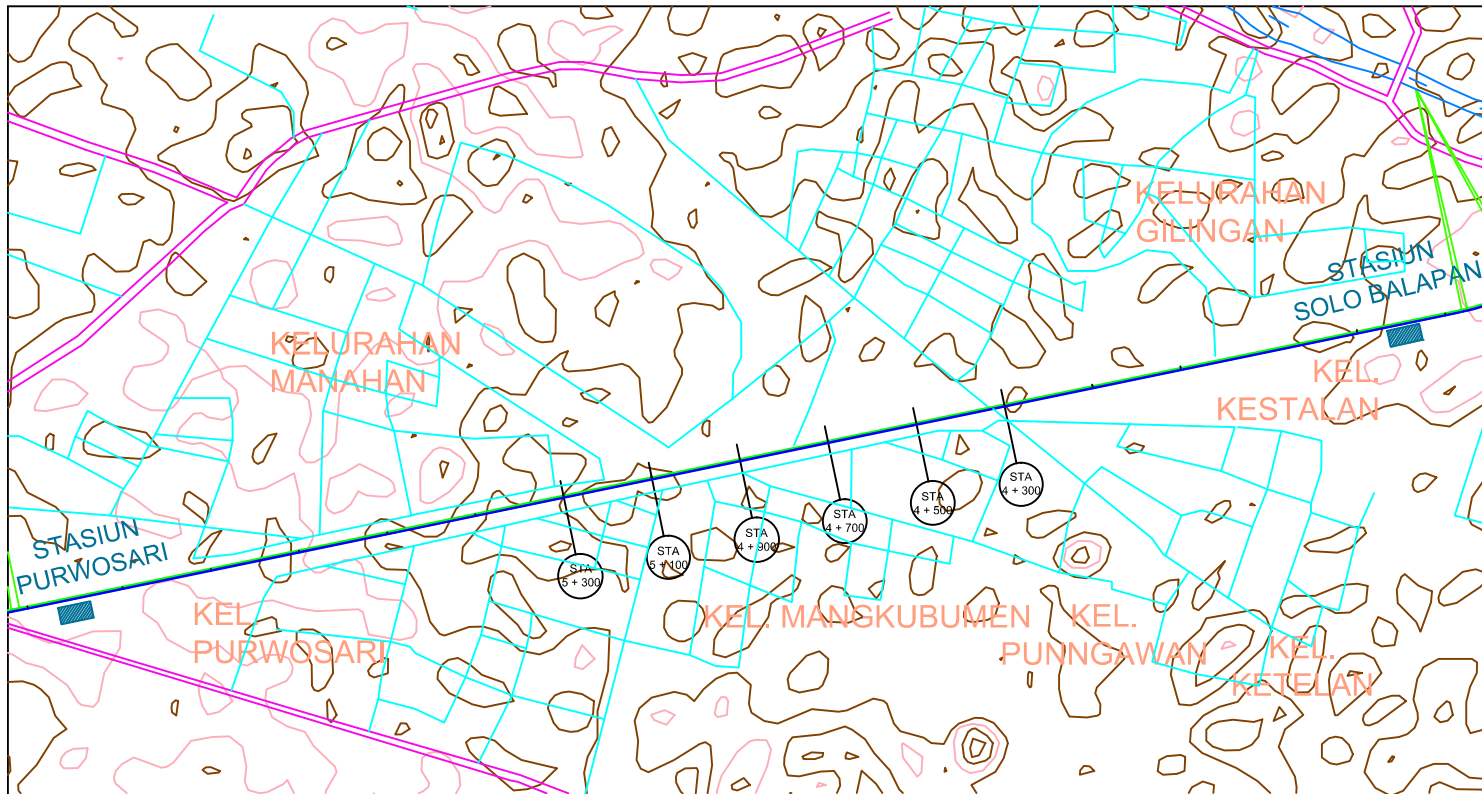
SKALA

JML LEMBAR

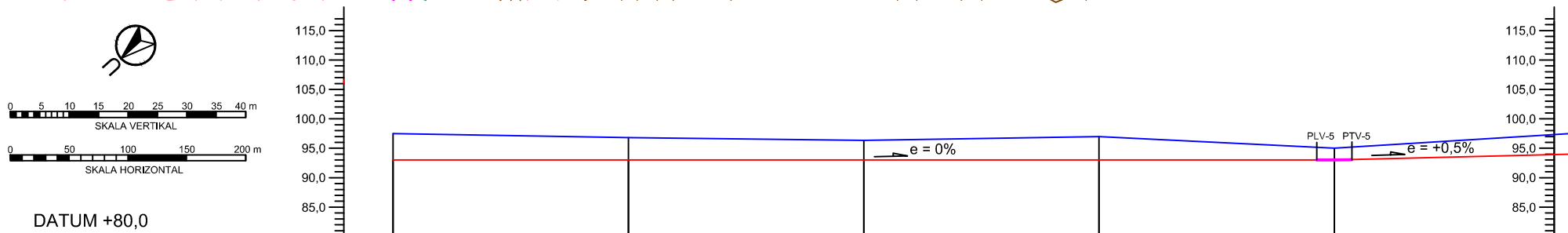
NO LEMBAR

32

05



PPV 5	
STA	= 5+100
V	= 60 km/jam
Xm	= 15 m
Ym	= 0,0188 m
L	= 30 m
PLV	= 93,000 m
PTV	= 93,0008 m
PPV	= 93,000 m



STA	4 + 300		4 + 500		4 + 700		4 + 900		5 + 100		5 + 300	
JARAK ANTAR STA (m)		200		200		200		200		200		
JARAK KOMULATIF (m)	4300		4500		4700		4900		5100		5300	
ELEVASI AS EKSISTING (m) (————)	97,482		96,823		96,337		96,996		95,000		97,500	
ELEVASI AS RENCANA (m) (————)	93,000		93,000		93,000		93,000		93,000		94,000	



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

MAHASISWA
Endah Tri Listiari
NRP. 03111645000048

JUDUL TUGAS AKHIR
Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2
Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

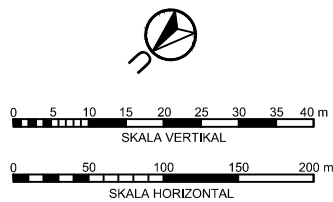
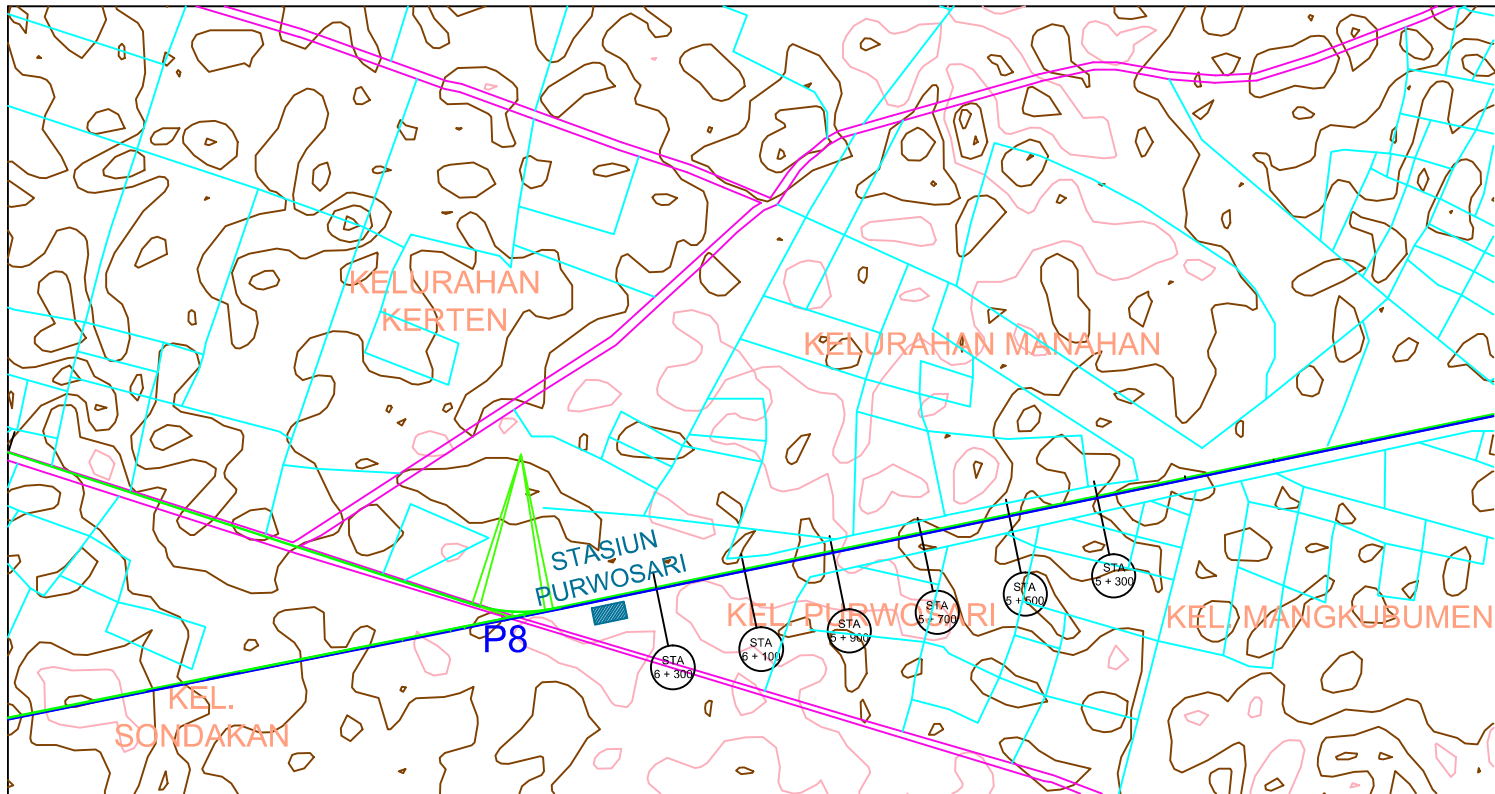
SKALA JML LEMBAR NO LEMBAR

32

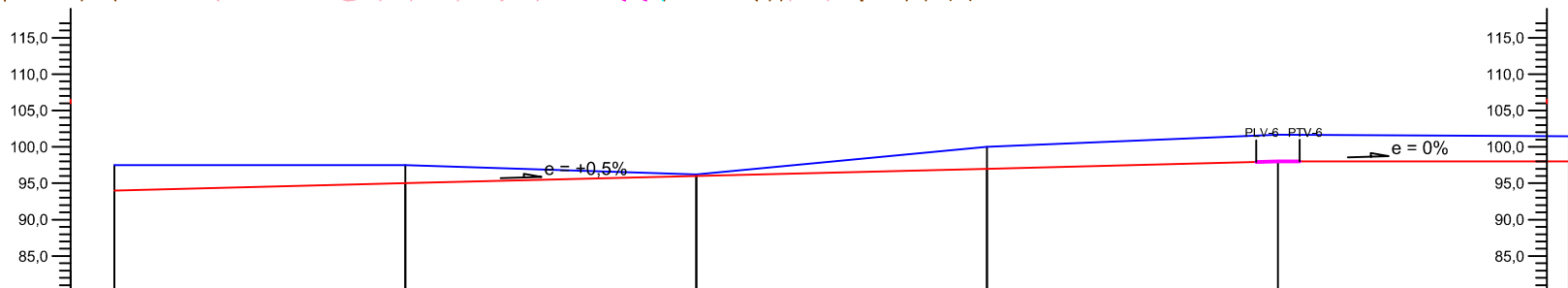
06

PPV 6

STA = 6+100
V = 60 km/jam
Xm = 15 m
Ym = 0,0188 m
L = 30 m
PLV = 97,9993 m
PTV = 98,000 m
PPV = 98,000 m



DATUM +80,0



STA	5 + 300	5 + 500	5 + 700	5 + 900	6 + 100	6 + 300
JARAK ANTAR STA (m)		200	200	200	200	
JARAK KOMULATIF (m)	5300	5500	5700	5900	6100	6300
ELEVASI AS EKSISTING (m) (—————)	97,500	97,500	96,193	100,000	101,676	101,447
ELEVASI AS RENCANA (m) (—————)	94,000	95,000	96,000	97,000	98,000	98,000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

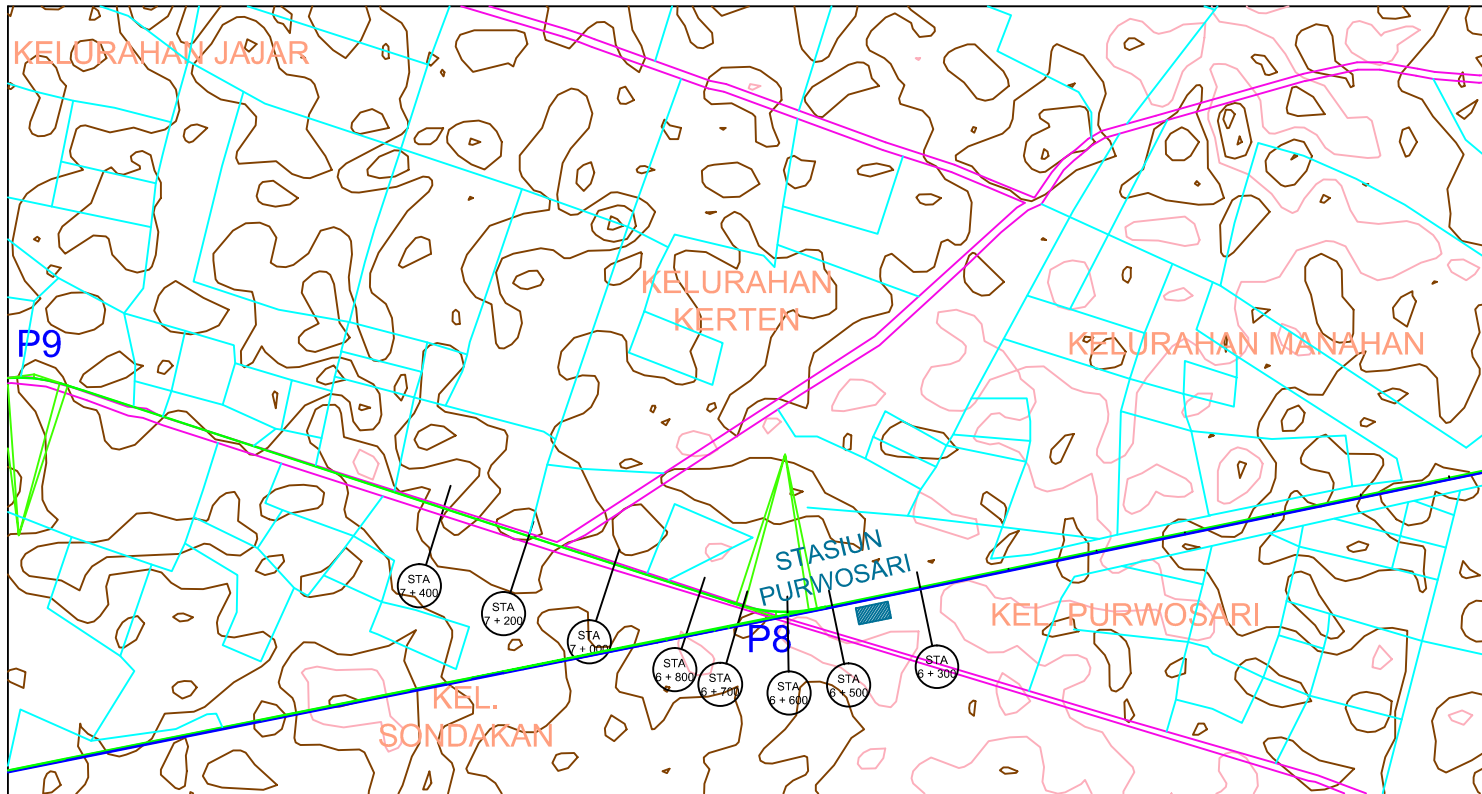
MAHASISWA
Endah Tri Listiari
NRP. 03111645000048

JUDUL TUGAS AKHIR
Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2
Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

SKALA

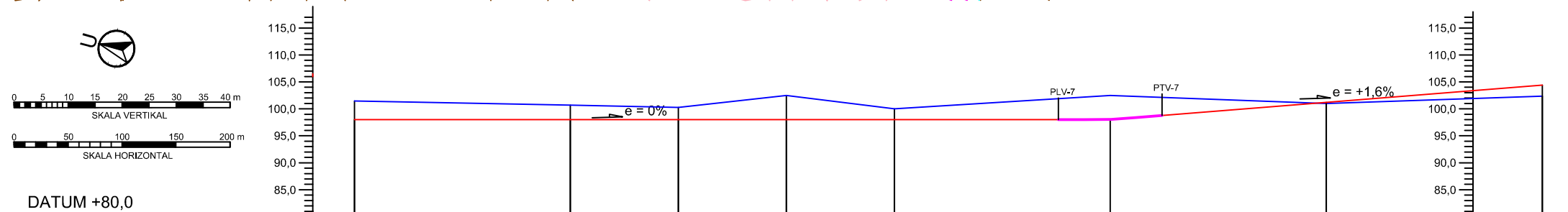
JML LEMBAR
32

NO LEMBAR
07



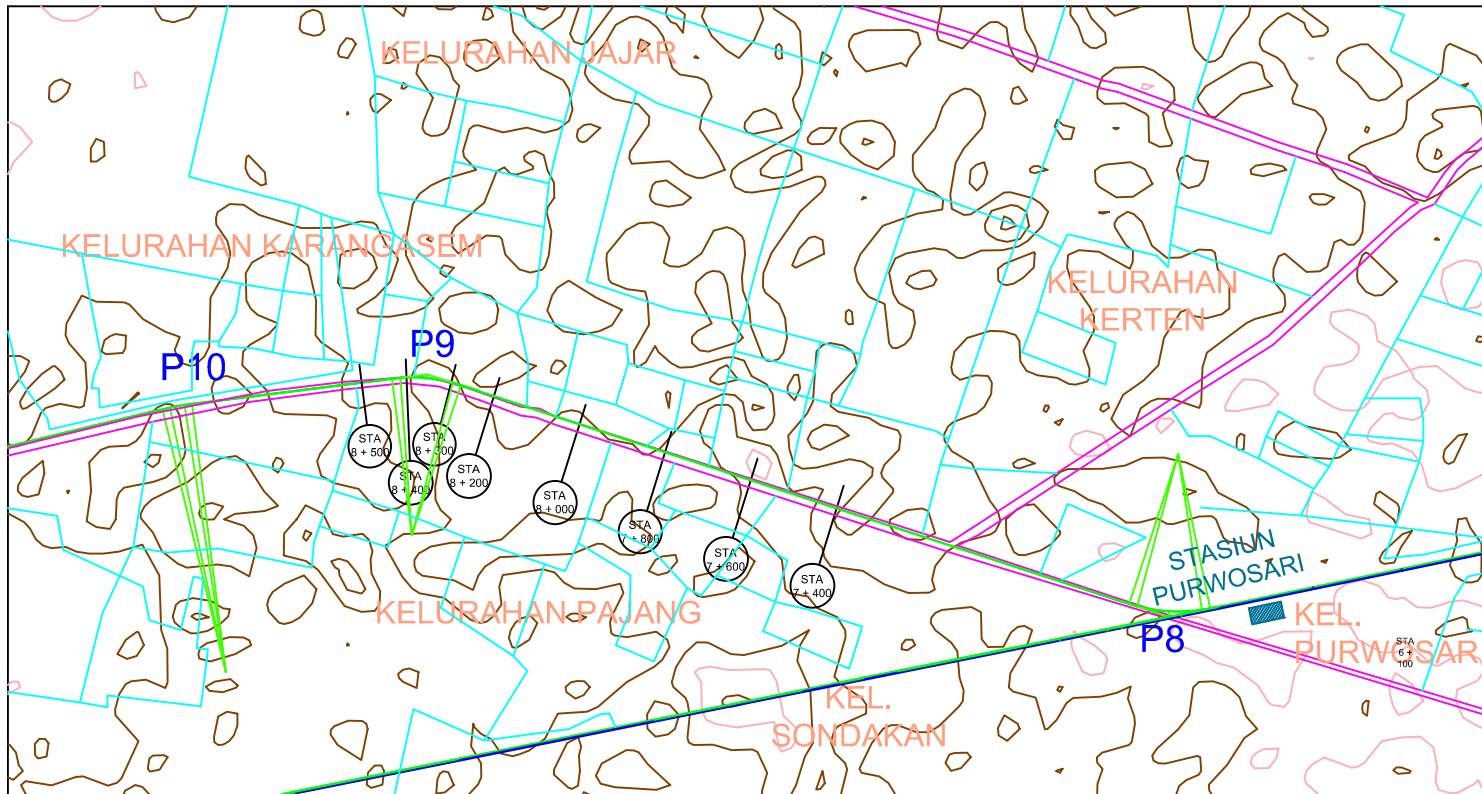
SCS - P8			
$x = 8984,6604^\circ$, $y = -6425,4869^\circ$			
Δ	= 29,8074°	p	= 0,1606 m
R	= 350 m	k	= 18,3581 m
V	= 60 km/jam	Ts	= 111,5528 m
h	= 61,2000 mm	E	= 12,3503 m
Lh	= 36,7200 m	Xs	= 36,7099 m
θ_s	= 3,0056°	Ys	= 0,6421 m
Lc	= 145,3627 m	w	= 4,8571 mm = 20 mm

PPV 7	
STA	= 7+000
V	= 60 km/jam
Xm	= 48 m
Ym	= 0,1920 m
L	= 96 m
PLV	= 98,00 m
PTV	= 98,0077 m
PPV	= 98,00 m



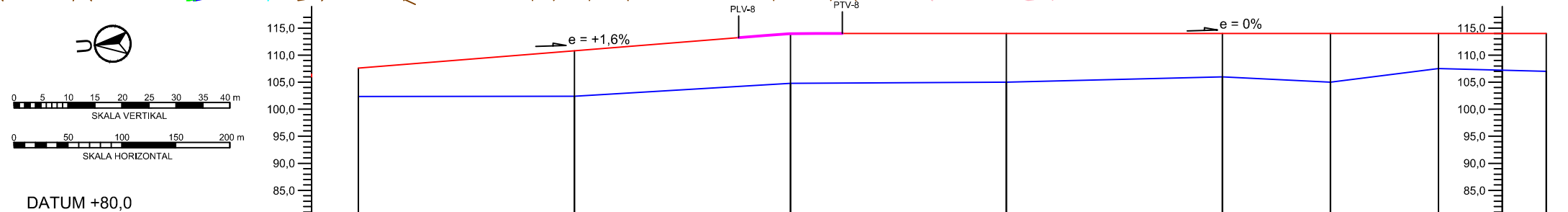
STA	6 + 300	6 + 500	6 + 600	6 + 700	6 + 800	7 + 000	7 + 200	7 + 400
JARAK ANTAR STA (m)		200	100	100	100	200	200	200
JARAK KOMULATIF (m)	6300	6500	6600	6700	6800	7000	7200	7400
ELEVASI AS EKSISTING (m) (———)	101,447	100,701	100,267	102,500	100,000	102,500	100,997	102,365
ELEVASI AS RENCANA (m) (———)	98,000	98,000	98,000	98,000	98,000	98,000	101,200	104,400



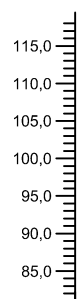
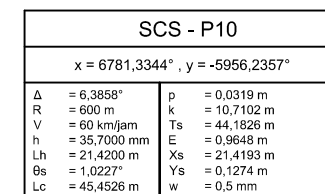


SCS - P9			
x = 7336,9511° , y = -5886,3065°			
Δ	= 25,2931°	p	= 0,1606 m
R	= 350 m	k	= 18,3581 m
V	= 60 km/jam	Ts	= 96,9270 m
h	= 61,2000 mm	E	= 8,8670 m
Lh	= 36,7200 m	Xs	= 36,7099 m
θs	= 3,0056°	Ys	= 0,6421 m
Lc	= 117,7864 m	w	= 4,8571 mm = 20 mm

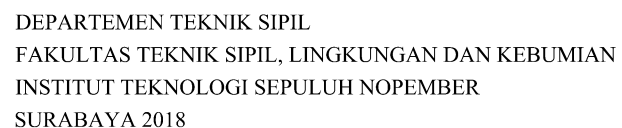
PPV 8	
STA	= 7+800
V	= 60 km/jam
Xm	= 48 m
Ym	= 0,1920 m
L	= 96 m
PLV	= 113,992 m
PTV	= 114,00 m
PPV	= 114,00 m



DATUM +80,0													
STA	7 + 400	7 + 600	7 + 800	8 + 000	8 + 200	8 + 300	8 + 400	8 + 500					
JARAK ANTAR STA (m)		200	200	200	200	100	100	100					
JARAK KOMULATIF (m)	7400	7600	7800	8000	8200	8300	8400	8500					
ELEVASI AS EKSISTING (m)	102,365	102,398	104,790	105,000	105,996	105,000	107,500	106,992					
ELEVASI AS RENCANA (m)	104,400	107,600	110,800	114,000	114,000	114,000	114,000	114,000					



The graph illustrates the effective interest rate (e) over time. The horizontal axis represents time steps from 1 to 10. The vertical axis represents the effective interest rate. A red line at the top indicates $e = 0\%$. The blue line shows the actual effective interest rate, which starts at approximately 1.5%, dips slightly at step 2, and then remains relatively stable, ending at approximately 1.5%.

[illegible]

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

MAHASISWA
Endah Tri Listiari NRP. 03111645000048

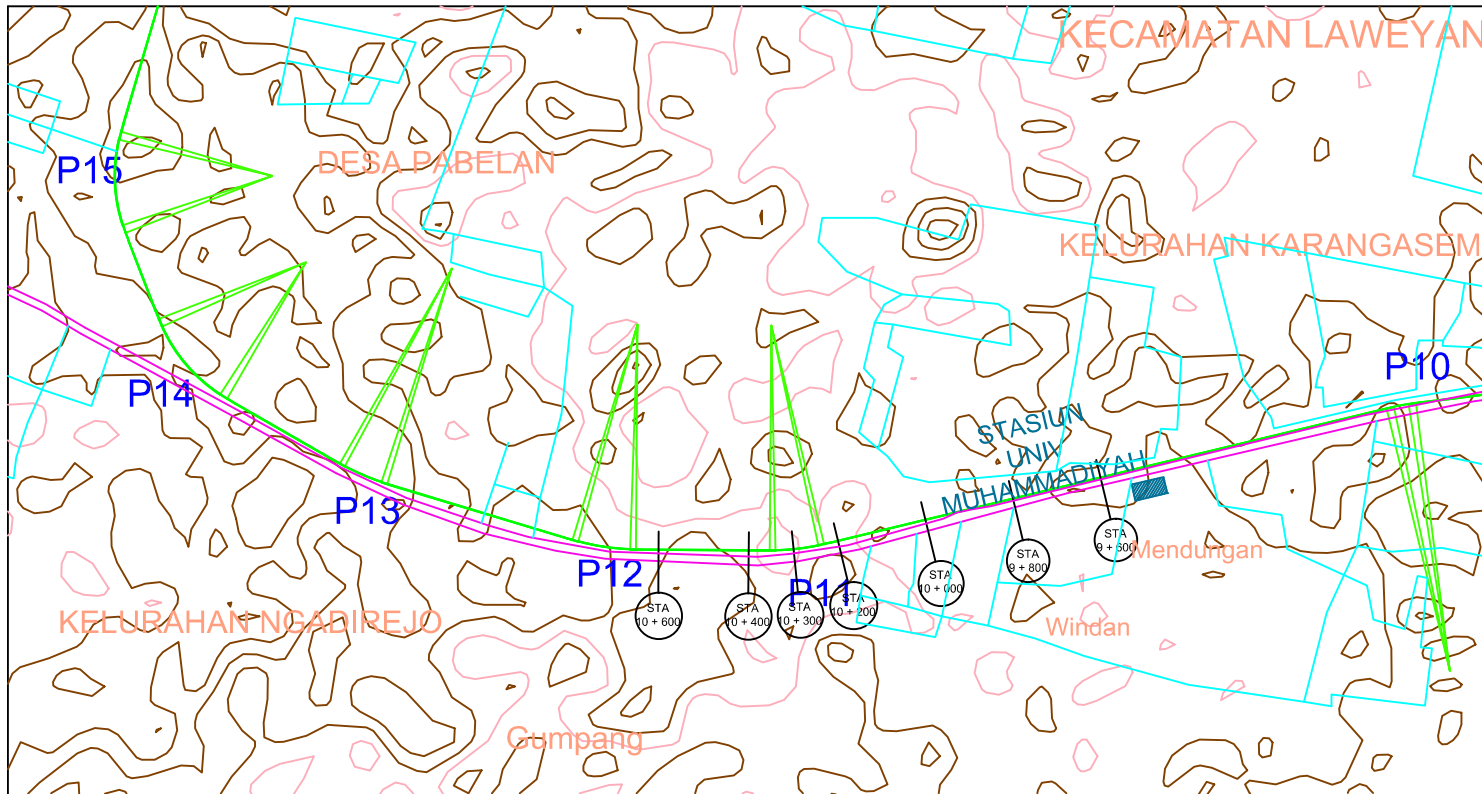
JUDUL TUGAS AKHIR
Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2 Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

JML LEMBAR

NO LEMBAR

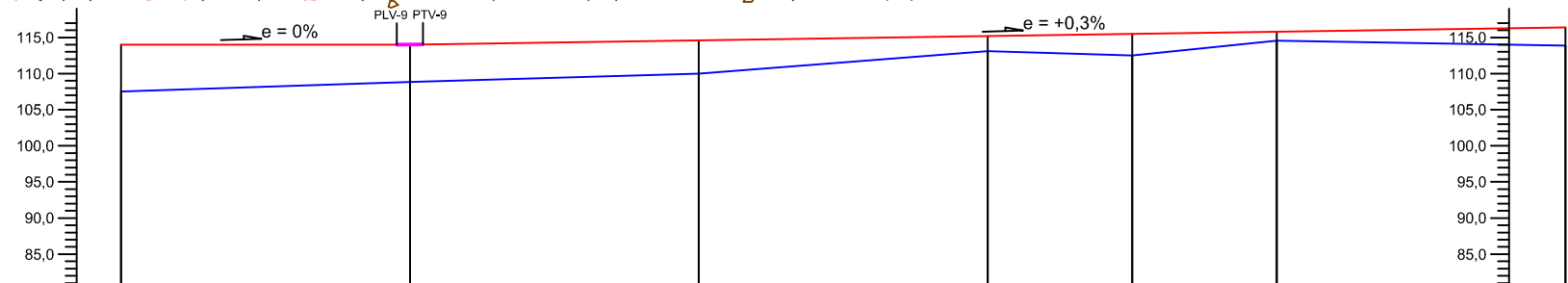
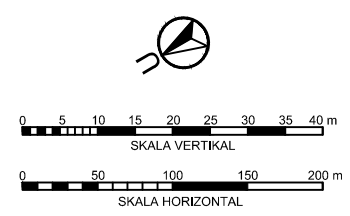
32

10



SCS - P11			
x = 5439,7981° , y = -6279,7789°			
Δ = 13,9608°	p = 0,0551 m		
R = 500 m	k = 12,8520 m		
V = 60 km/jam	Ts = 74,0774 m		
h = 42,8400 mm	E = 3,7893 m		
Lh = 25,7040 m	Xs = 25,7023 m		
θs = 1,4727°	Ys = 0,2202 m		
Lc = 96,1275 m	w = 1,000 mm = 10 mm		

PPV 9	
STA	= 9+800
V	= 60 km/jam
Xm	= 9 m
Ym	= 0,0068 m
L	= 18 m
PLV	= 114,000 m
PTV	= 114,0003 m
PPV	= 114,000 m



STA	9 + 600	9 + 800	10 + 000	10 + 200	10 + 300	10 + 400	10 + 600
JARAK ANTAR STA (m)	100	100	100	100		200	
JARAK KOMULATIF (m)	9600	9800	10000	10200	10300	10400	10600
ELEVASI AS EKSISTING (m) (—————)	107,500	108,826	110,000	113,098	112,500	114,567	113,894
ELEVASI AS RENCANA (m) (—————)	114,000	114,000	114,600	115,200	115,500	115,800	116,400



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

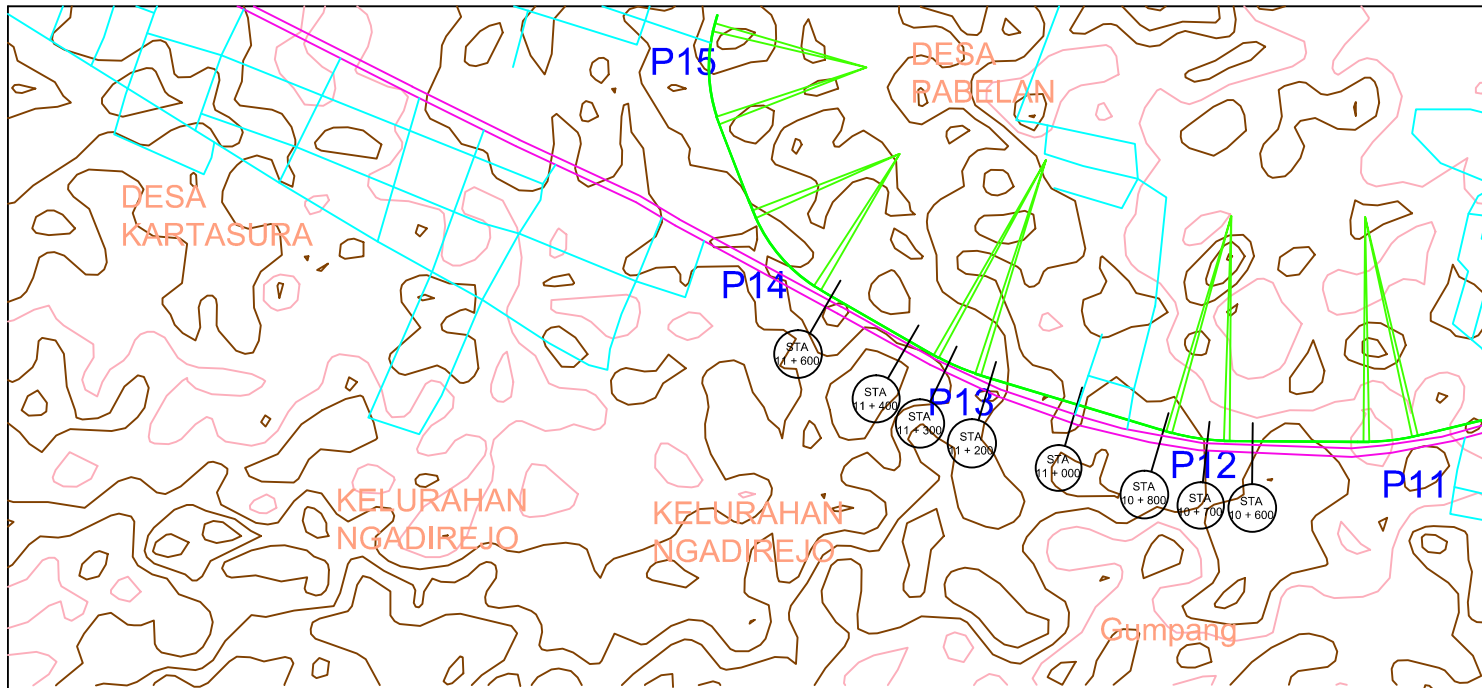
MAHASISWA

Endah Tri Listiari
NRP. 03111645000048

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2
Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

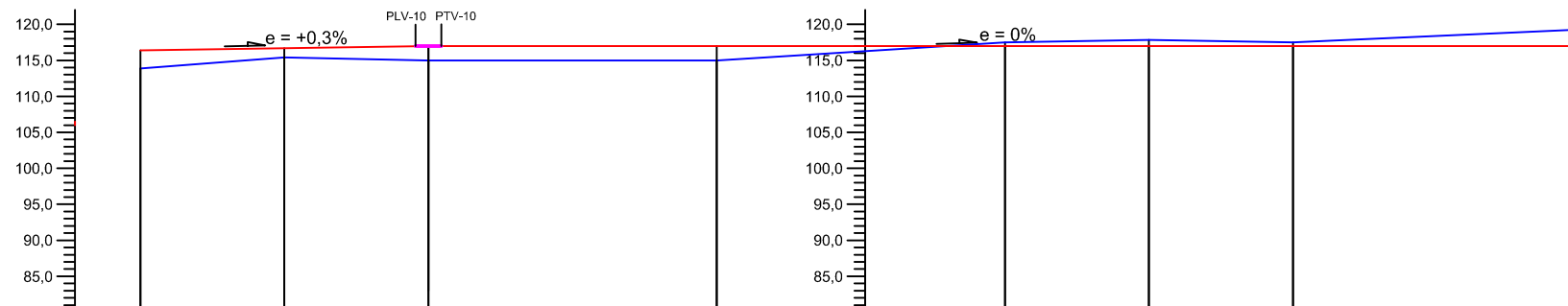
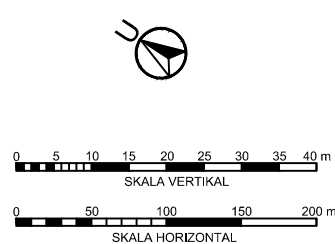
SKALA	JML LEMBAR	NO LEMBAR
	32	11



SCS - P12			
x = 5009,8086° , y = -6276,7658°			
Δ = 16,3677°	p = 0,0551 m		
R = 500 m	k = 12,8520 m		
V = 60 km/jam	Ts = 84,7672 m		
h = 42,8400 mm	E = 5,1999 m		
Lh = 25,7040 m	Xs = 25,7023 m		
θs = 1,4727°	Ys = 0,2202 m		
Lc = 117,1317 m	w = 1,000 mm = 10 mm		

SCS - P13			
x = 4473,6228° , y = -6115,1961°			
Δ = 13,1474°	p = 0,0551 m		
R = 500 m	k = 12,8520 m		
V = 60 km/jam	Ts = 70,4778 m		
h = 42,8400 mm	E = 3,3645 m		
Lh = 25,7040 m	Xs = 25,7023 m		
θs = 1,4727°	Ys = 0,2202 m		
Lc = 89,0292 m	w = 1,000 mm = 10 mm		

PPV 10	
STA	= 10+800
V	= 60 km/jam
Xm	= 9 m
Ym	= 0,0068 m
L	= 18 m
PLV	= 116,9997 m
PTV	= 117,000 m
PPV	= 117,000 m



DATUM +80,0

STA	10 + 600	10 + 700	10 + 800	11 + 000	11 + 200	11 + 300	11 + 400	11 + 600
JARAK ANTAR STA (m)			200	200			200	
JARAK KOMULATIF (m)	10600	10700	10800	11000	11200	11300	11400	11600
ELEVASI AS EKSISTING (m) (———)	113,894	115,428	115,000	115,000	117,500	117,855	117,500	119,294
ELEVASI AS RENCANA (m) (———)	116,400	116,700	117,000	117,000	117,000	117,000	117,000	117,000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

MAHASISWA
Endah Tri Listiari
NRP. 03111645000048

JUDUL TUGAS AKHIR
Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2
Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

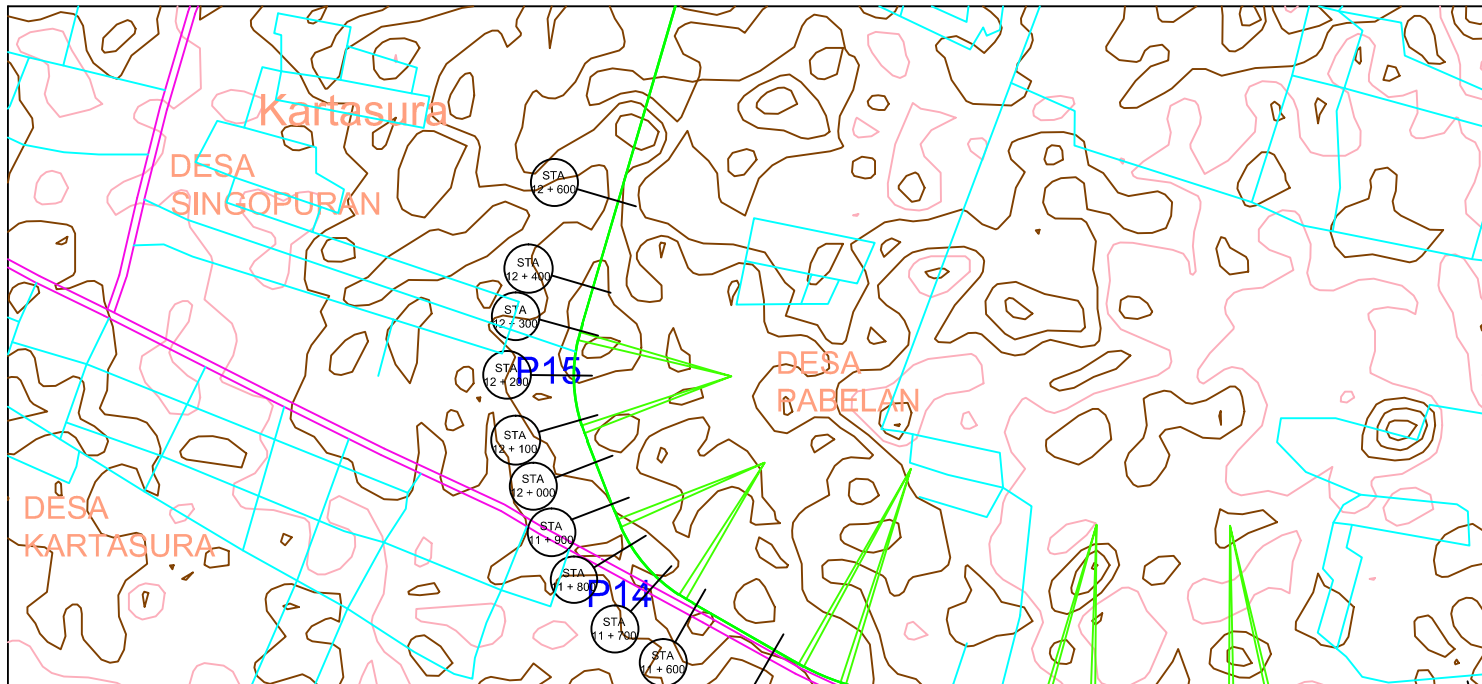
SKALA

JML LEMBAR

NO LEMBAR

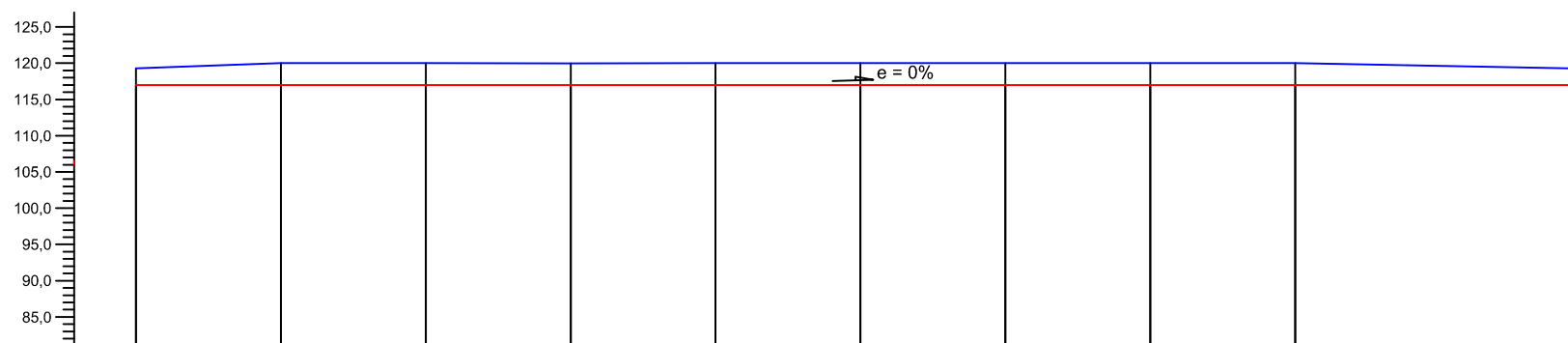
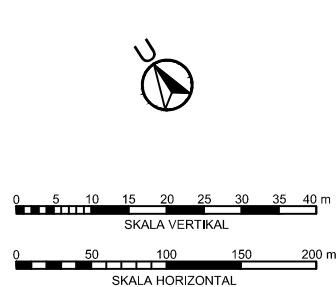
32

12



SCS - P14			
x = 4066,2493° , y = -5880,7888°			
Δ = 38,9439°	p = 0,1606 m		
R = 350 m	k = 18,3581 m		
V = 60 km/jam	Ts = 142,1636 m		
h = 61,2000 mm	E = 21,4031 m		
Lh = 36,7200 m	Xs = 36,7099 m		
θs = 3,0056°	Ys = 0,6421 m		
Lc = 201,1744 m	w = 4,8571 mm = 20 mm		

SCS - P15			
x = 3904,8227° , y = -5463,2999°			
Δ = 37,4318°	p = 0,1606 m		
R = 350 m	k = 18,3581 m		
V = 60 km/jam	Ts = 136,9892 m		
h = 61,2000 mm	E = 19,7104 m		
Lh = 36,7200 m	Xs = 36,7099 m		
θs = 3,0056°	Ys = 0,6421 m		
Lc = 191,9375 m	w = 4,8571 mm = 20 mm		



DATUM +80,0

STA	11 + 600	11 + 700	11 + 800	11 + 900	12 + 000	12 + 100	12 + 200	12 + 300	12 + 400	12 + 600
JARAK ANTAR STA (m)		100	100	100	100	100		100	100	100
JARAK KOMULATIF (m)	11600	11700	11800	11900	12000	12100	12200	12300	12400	12600
ELEVASI AS EKSISTING (m) (—————)	119,294	120,000	120,000	119,987	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	119,242
ELEVASI AS RENCANA (m) (—————)	117,000	117,000	117,000	117,000	117,000	117,000	117,000	117,000	117,000	117,000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

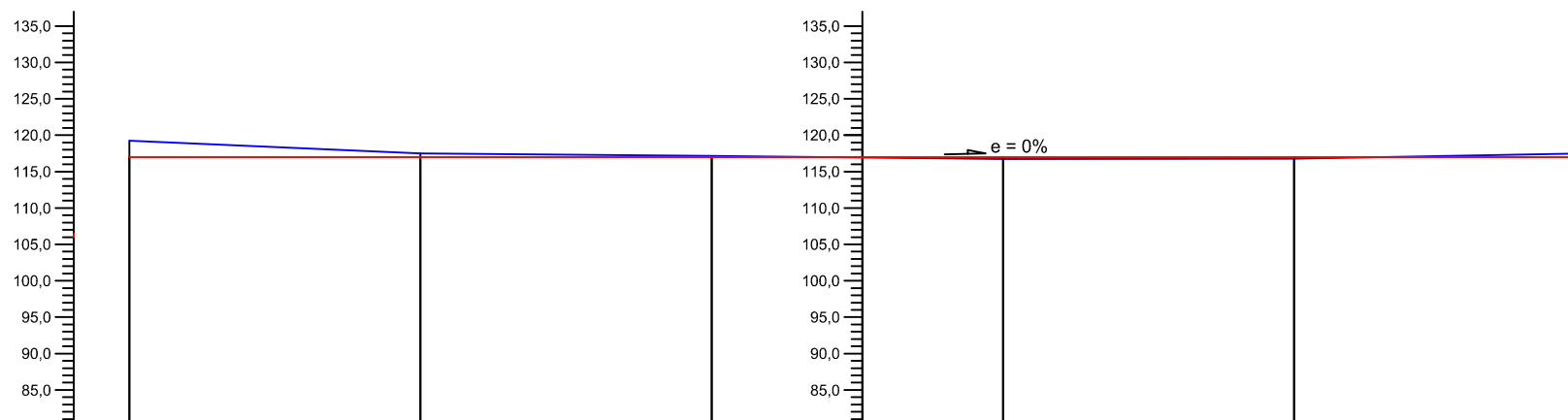
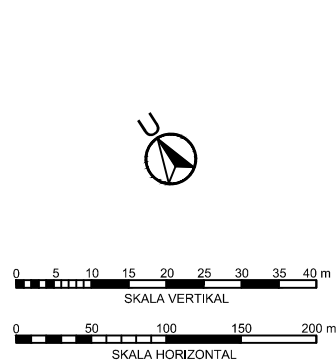
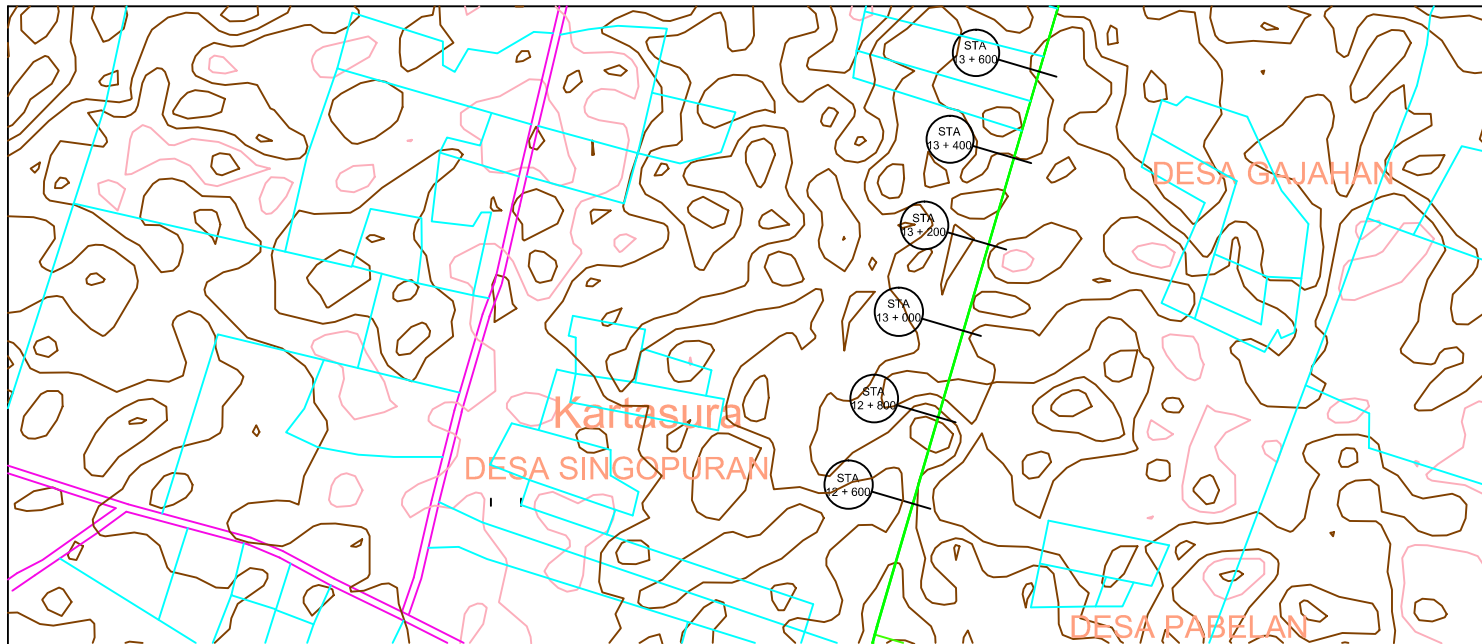
MAHASISWA

Endah Tri Listiari
NRP. 03111645000048

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2
Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

SKALA	JML LEMBAR	NO LEMBAR
	32	13



DATUM +80,0

STA	12 + 600	12 + 800	13 + 000	13 + 200	13 + 400	13 + 600
JARAK ANTAR STA (m)		200	200	200	200	200
JARAK KOMULATIF (m)	12600	12800	13000	13200	13400	13600
ELEVASI AS EKSISTING (m) (———)	119,242	117,500	117,176	116,710	116,789	117,500
ELEVASI AS RENCANA (m) (———)	117,000	117,000	117,000	117,000	117,000	117,000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

MAHASISWA
Endah Tri Listiari
NRP. 03111645000048

JUDUL TUGAS AKHIR
Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2
Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

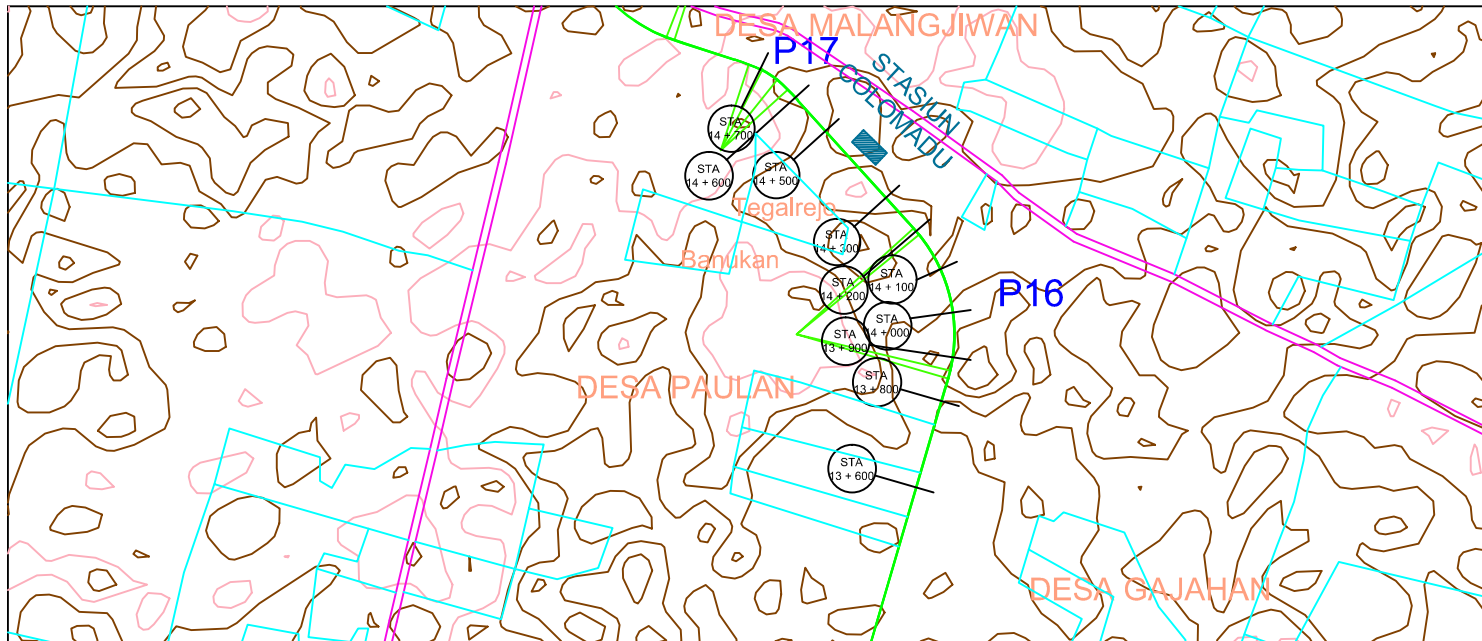
SKALA

JML LEMBAR

NO LEMBAR

32

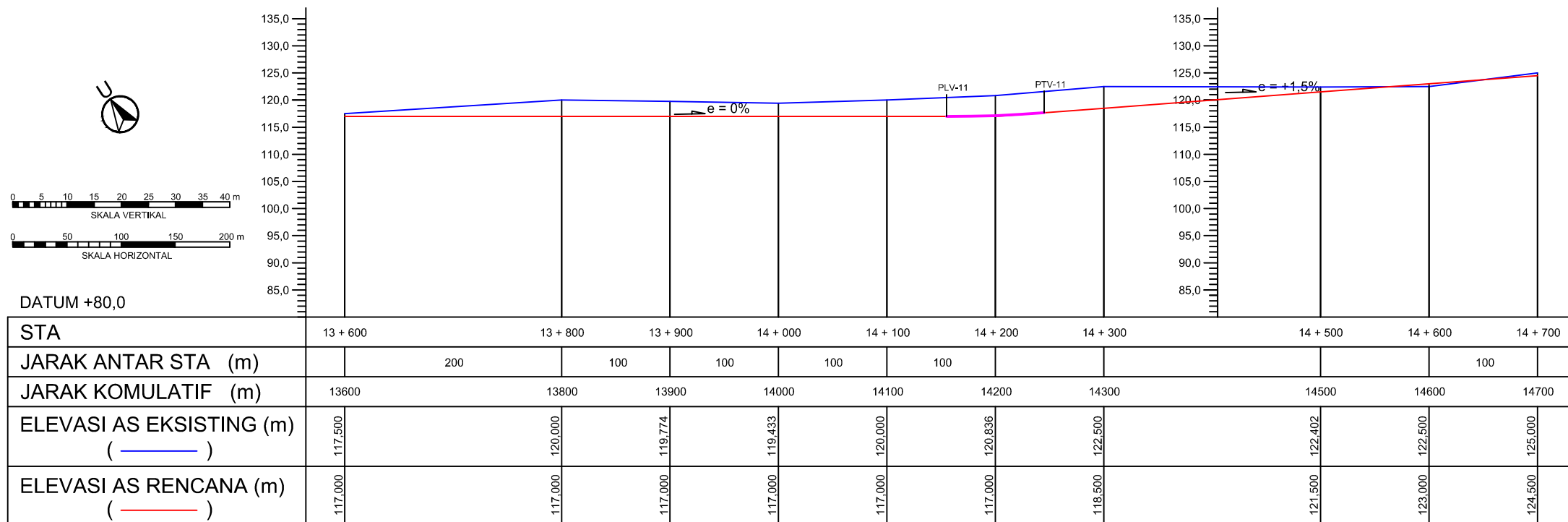
14

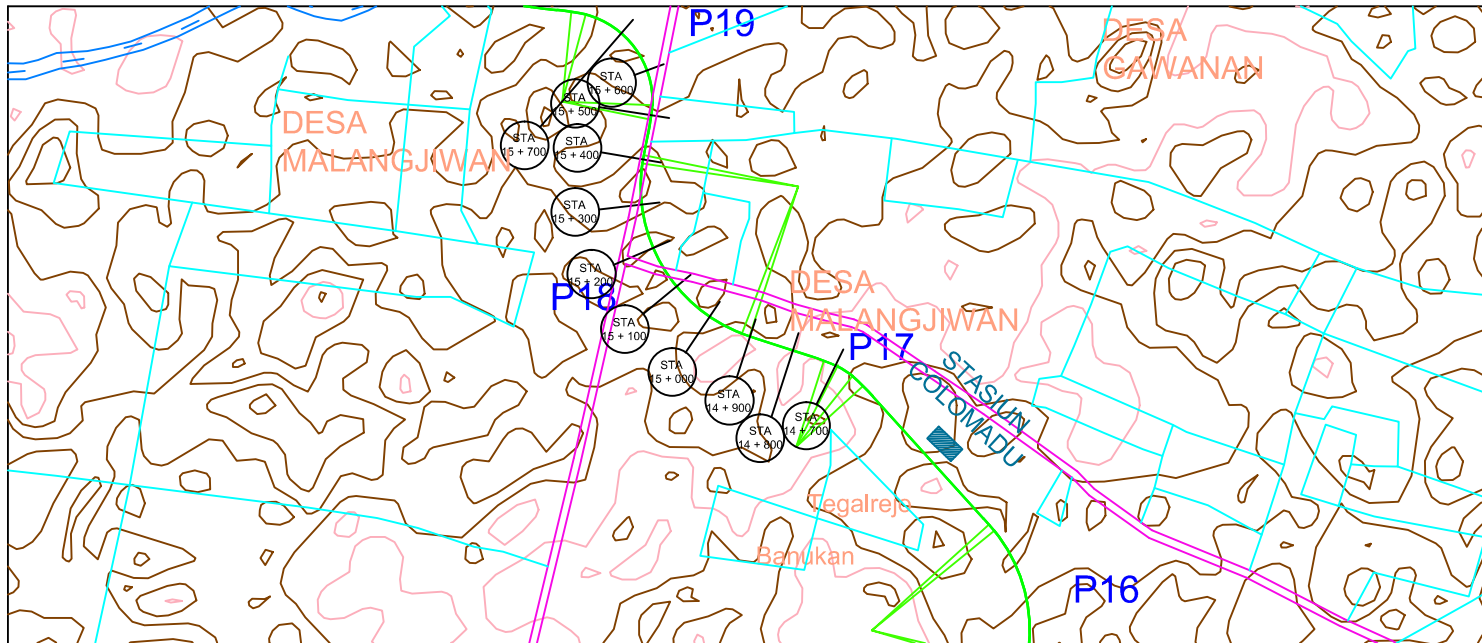


SCS - P16			
x = 4429,4277° , y = -3668,3933°			
Δ = 58,4639°	p = 0,1606 m		
R = 350 m	k = 18,3581 m		
V = 60 km/jam	Ts = 214,3126 m		
h = 61,2000 mm	E = 51,2613 m		
Lh = 36,7200 m	Xs = 36,7099 m		
θs = 3,0056°	Ys = 0,6421 m		
Lc = 320,4153 m	w = 4,8571 mm = 20 mm		

SCS - P17			
x = 3982,8354° , y = -3175,3798°			
Δ = 29,8537°	p = 0,8658 m		
R = 200 m	k = 32,1021 m		
V = 60 km/jam	Ts = 85,6492 m		
h = 107,1000 mm	E = 7,8806 m		
Lh = 64,2600 m	Xs = 64,0942 m		
θs = 9,2046°	Ys = 3,4411 m		
Lc = 39,9488 m	w = 14,5000 mm = 20 mm		

PPV 11	
STA = 14+200	
V = 60 km/jam	
Xm = 45 m	
Ym = 0,1688 m	
L = 90 m	
PLV = 117,000 m	
PTV = 117,0068 m	
PPV = 117,000 m	

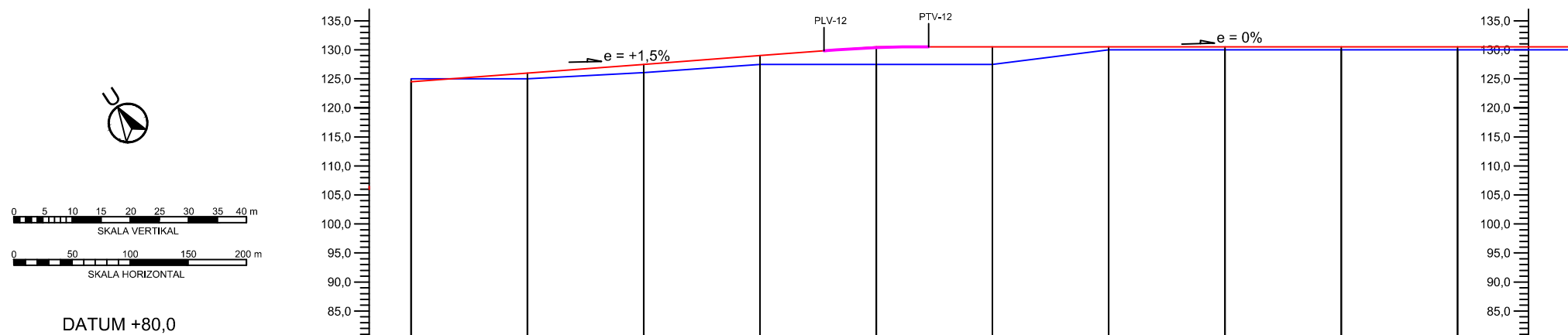




SCS - P18			
x = 3469,1911° , y = -3008,7378°			
Δ = 83,4728°	p = 0,1606 m		
R = 350 m	k = 18,3581 m		
V = 60 km/jam	Ts = 330,7391 m		
h = 61,2000 mm	E = 119,2490 m		
Lh = 36,7200 m	Xs = 36,7099 m		
θs = 3,0056°	Ys = 0,6421 m		
Lc = 473,1860 m	w = 4,8571 mm = 20 mm		

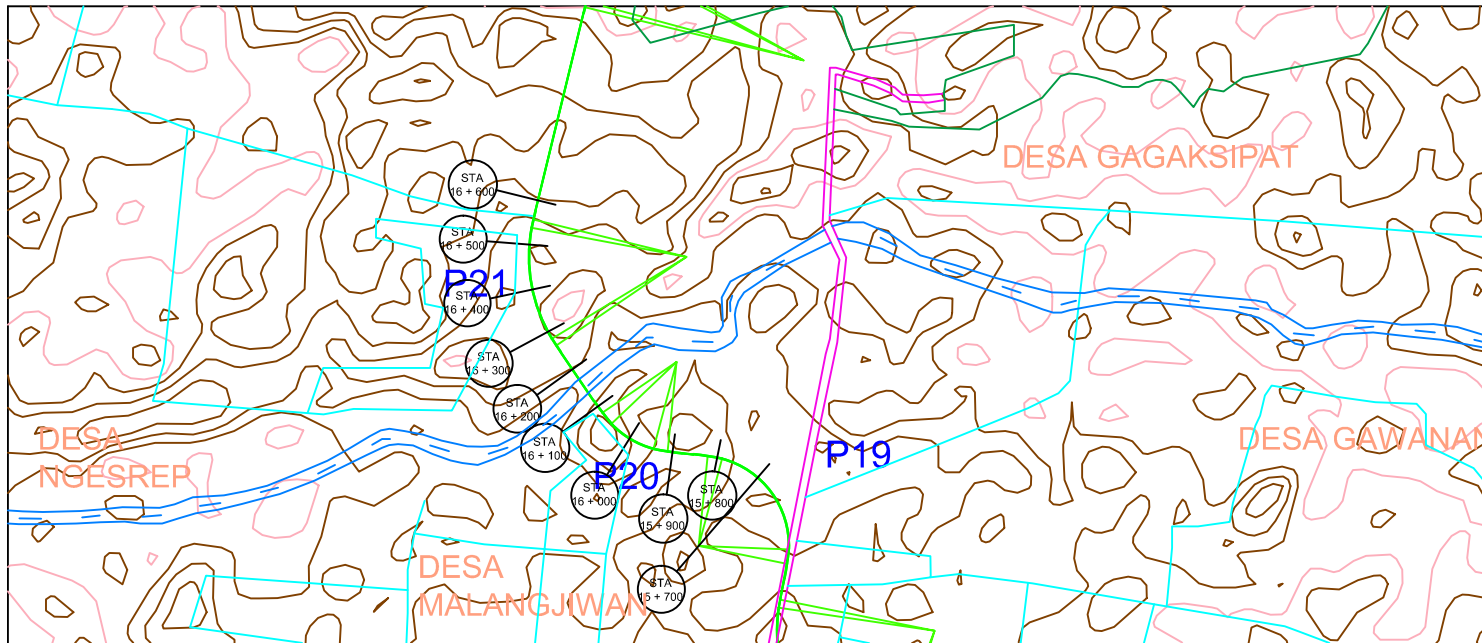
SCS - P19			
x = 3591,2498° , y = -2405,9719°			
Δ = 95,6658°	p = 0,8658 m		
R = 200 m	k = 32,1021 m		
V = 60 km/jam	Ts = 253,8820 m		
h = 107,1000 mm	E = 99,2213 m		
Lh = 64,2600 m	Xs = 64,0942 m		
θs = 9,2046°	Ys = 3,4411 m		
Lc = 269,6764 m	w = 14,5000 mm = 20 mm		

PPV 12	
STA = 15+100	
V = 60 km/jam	
Xm = 45 m	
Ym = 0,1688 m	
L = 90 m	
PLV = 130,493 m	
PTV = 130,500 m	
PPV = 130,500 m	



STA	14 + 700	14 + 800	14 + 900	15 + 000	15 + 100	15 + 200	15 + 300	15 + 400	15 + 500	15 + 600	15 + 700
JARAK ANTAR STA (m)		100		100	100	100	100				
JARAK KOMULATIF (m)	14700	14800	14900	15000	15100	15200	15300	15400	15500	15600	15700
ELEVASI AS EKSISTING (m)	125,000	125,004	126,084	127,500	127,500	127,500	130,000	130,000	130,000	130,000	130,000
ELEVASI AS RENCANA (m)	124,500	126,000	127,500	129,000	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500

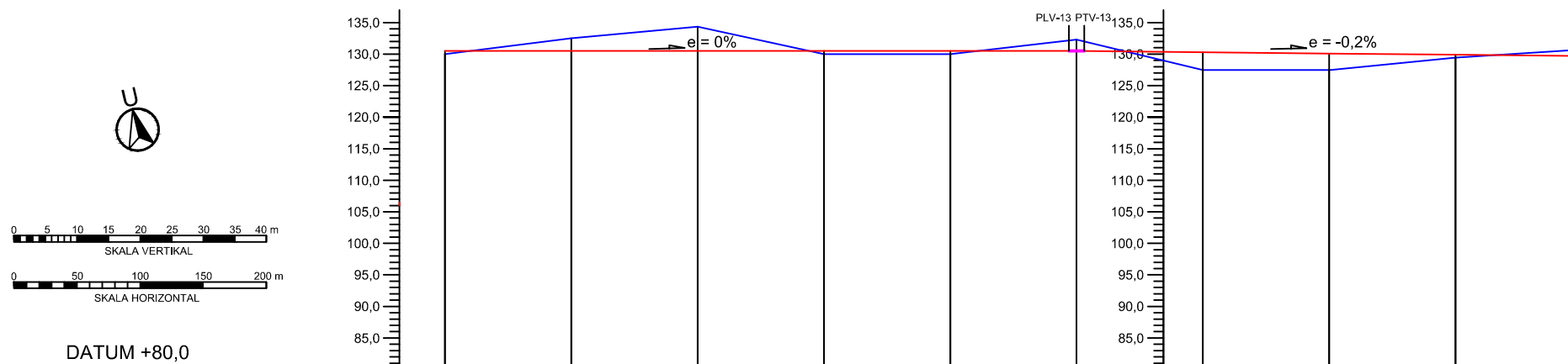




SCS - P20			
x = 3188,3101° , y = -2365,1728°			
Δ = 49,9170°	p = 0,8658 m		
R = 200 m	k = 32,1021 m		
V = 60 km/jam	Ts = 125,5903 m		
h = 107,1000 mm	E = 21,5561 m		
Lh = 64,2600 m	Xs = 64,0942 m		
θs = 9,2046°	Ys = 3,4411 m		
Lc = 109,9830 m	w = 14,5000 mm = 20 mm		

SCS - P21			
x = 2945,9859° , y = -2009,9559°			
Δ = 47,9922°	p = 0,1606 m		
R = 350 m	k = 18,3581 m		
V = 60 km/jam	Ts = 174,2311 m		
h = 61,2000 mm	E = 33,2869 m		
Lh = 36,7200 m	Xs = 36,7099 m		
θs = 3,0056°	Ys = 0,6421 m		
Lc = 256,4473 m	w = 4,8571 mm = 20 mm		

PPV 13	
STA = 16+200	
V = 60 km/jam	
Xm = 6 m	
Ym = 0,0030 m	
L = 12 m	
PLV = 130,500 m	
PTV = 130,4999 m	
PPV = 130,500 m	



STA	15 + 700	15 + 800	15 + 900	16 + 000	16 + 100	16 + 200	16 + 300	16 + 400	16 + 500	16 + 600
JARAK ANTAR STA (m)		100		100	100	100	100	100	100	
JARAK KOMULATIF (m)	15700	15800	15900	16000	16100	16200	16300	16400	16500	16600
ELEVASI AS EKSISTING (m)	130,000	132,500	134,341	130,000	130,000	132,304	127,500	127,500	129,457	130,722
ELEVASI AS RENCANA (m)	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,500	130,300	130,100	129,900	129,700



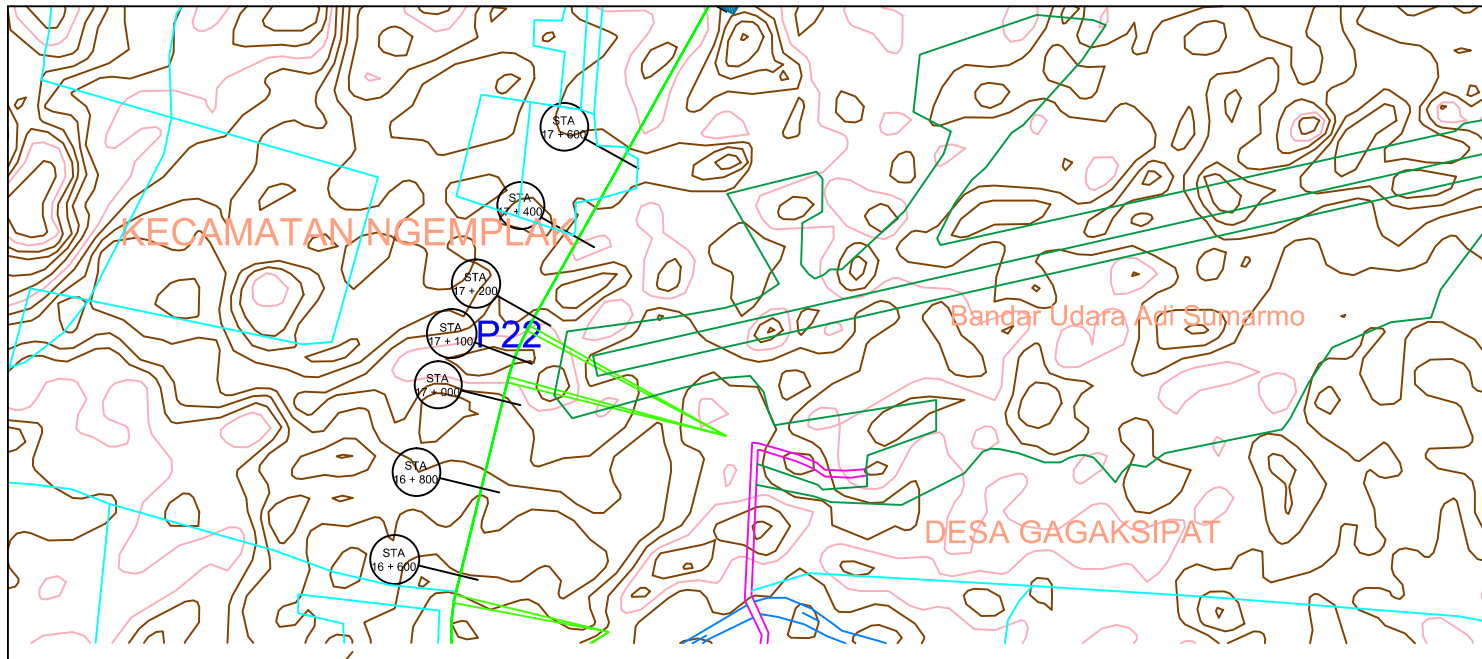
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

MAHASISWA
Endah Tri Listiari
NRP. 03111645000048

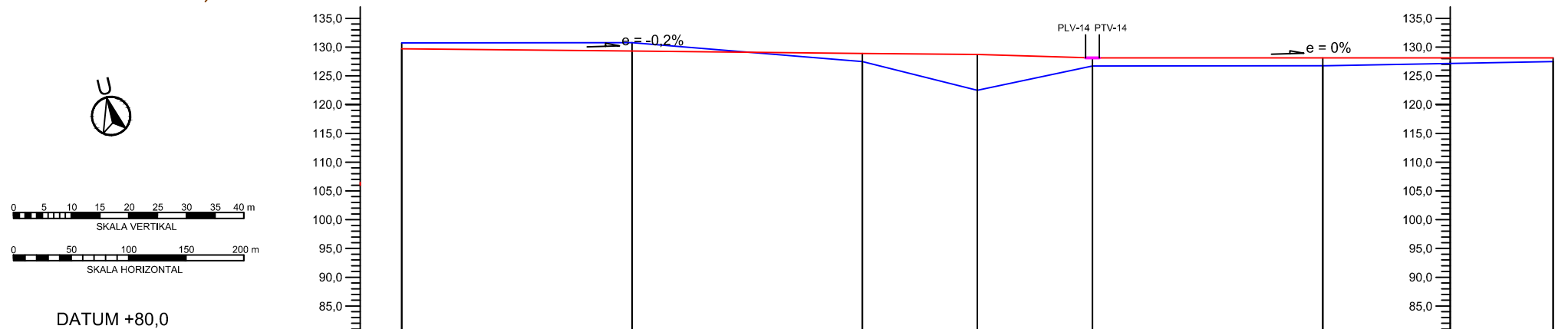
JUDUL TUGAS AKHIR
Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2
Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

SKALA	JML LEMBAR	NO LEMBAR
	32	17



SCS - P22			
x = 3114,0315°, y = -1320,1294°			
Δ = 15,6003°	p = 0,0551 m		
R = 500 m	k = 12,8520 m		
V = 60 km/jam	Ts = 81,3524 m		
h = 42,8400 mm	E = 4,7251 m		
Lh = 25,7040 m	Xs = 25,7023 m		
θs = 1,4727°	Ys = 0,2202 m		
Lc = 110,4348 m	w = 1,000 mm = 10 mm		

PPV 14
STA = 17+200
V = 60 km/jam
Xm = 6 m
Ym = 0,0030 m
L = 12 m
PLV = 128,1001 m
PTV = 128,100 m
PPV = 128,100 m



DATUM +80,0									
STA	16 + 600	16 + 800	17 + 000	17 + 100	17 + 200	17 + 400	17 + 600		
JARAK ANTAR STA (m)	100		100	100					
JARAK KOMULATIF (m)	16600	16800	17000	17100	17200	17400	17600		
ELEVASI AS EKSISTING (m) (———)	130,722	130,764	127,500	122,500	126,715	126,755	127,500		
ELEVASI AS RENCANA (m) (———)	129,700	129,300	128,900	128,700	128,500	128,100	128,100		



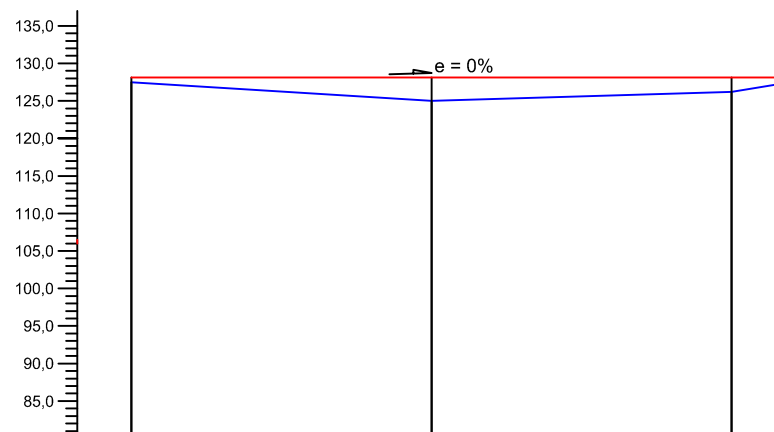
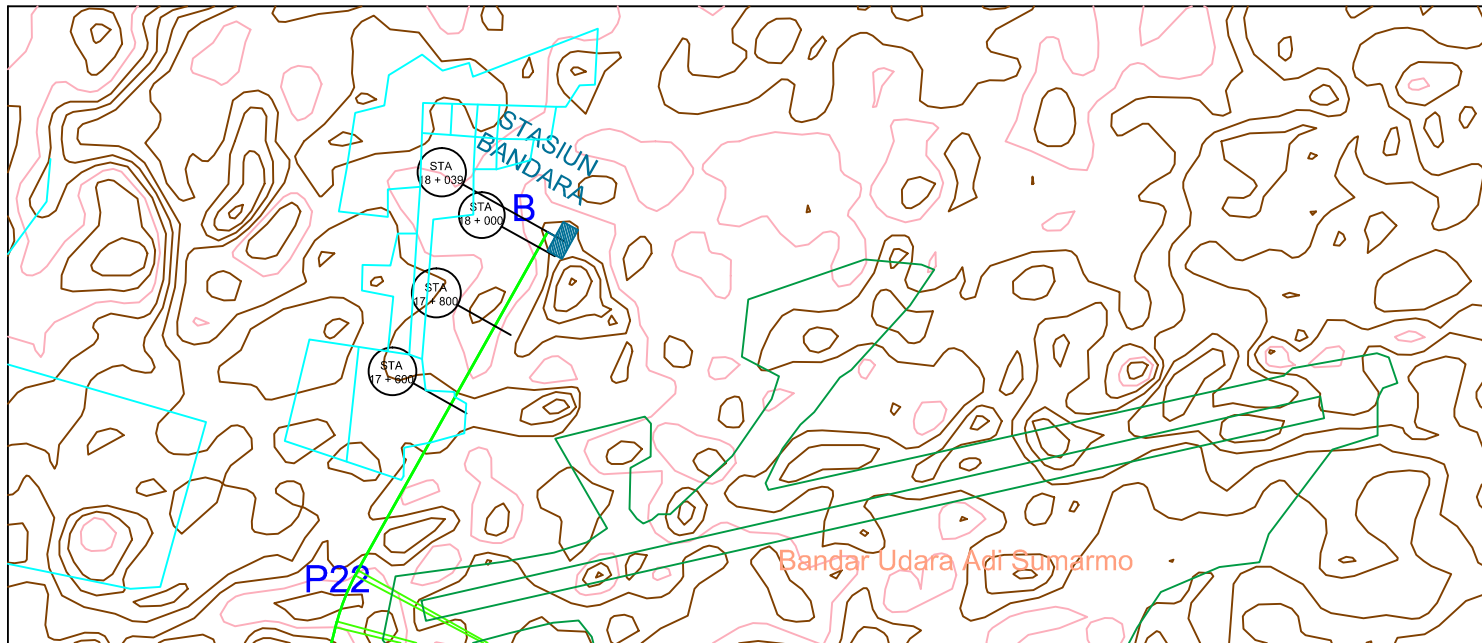
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

MAHASISWA
Endah Tri Listiari
NRP. 03111645000048

JUDUL TUGAS AKHIR
Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2
Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

SKALA	JML LEMBAR	NO LEMBAR
	32	18



DATUM +80,0

STA	17 + 600	17 + 800	18 + 000	18 + 039
JARAK ANTAR STA (m)		100		
JARAK KOMULATIF (m)	17600	17800	18000	18039
ELEVASI AS EKSISTING (m) (—————)	127.500	125.000	126.191	127.500
ELEVASI AS RENCANA (m) (—————)	128.100	128.100	128.100	128.100



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

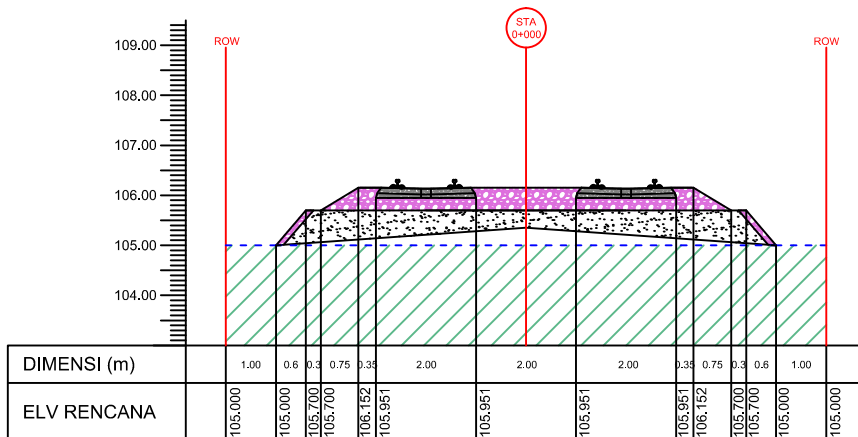
MAHASISWA

Endah Tri Listiari
NRP. 03111645000048

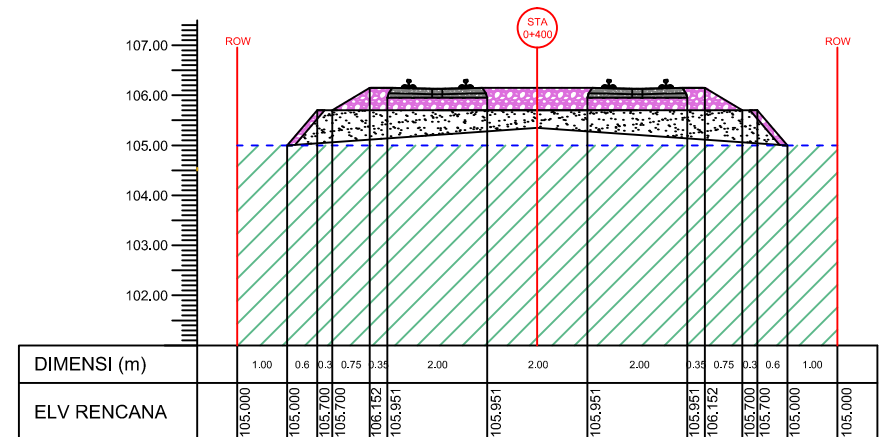
JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2
Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

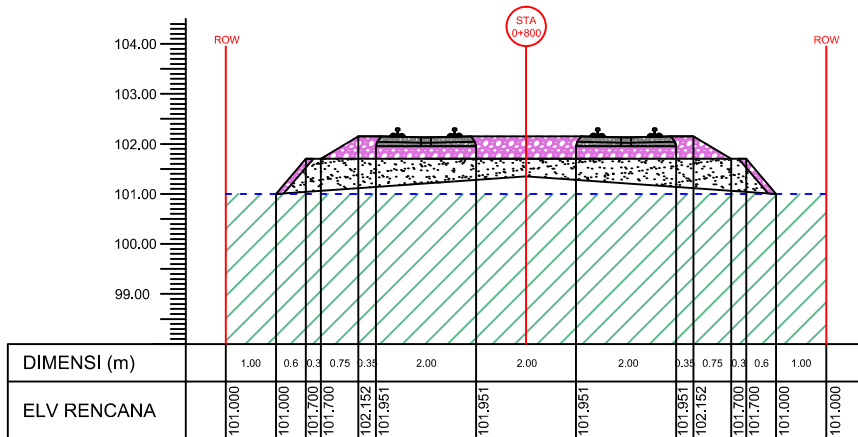
SKALA	JML LEMBAR	NO LEMBAR
	32	19



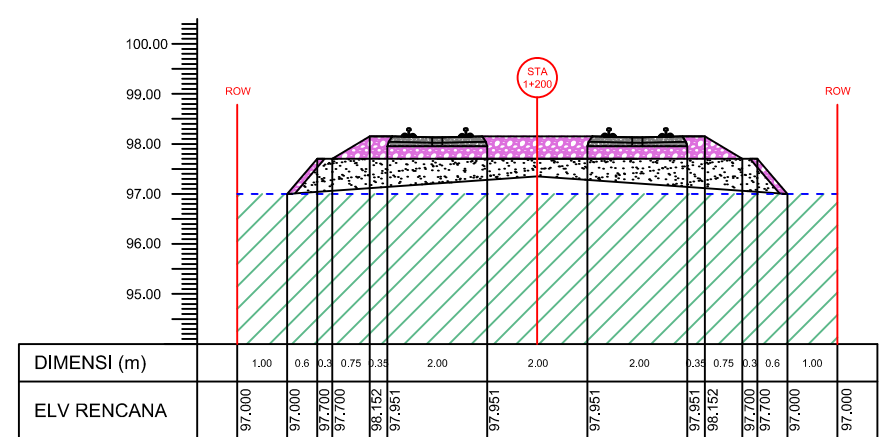
POTONGAN MELINTANG STA 0+000
SKALA 1 : 15



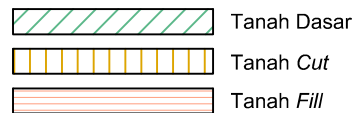
POTONGAN MELINTANG STA 0+400
SKALA 1 : 15

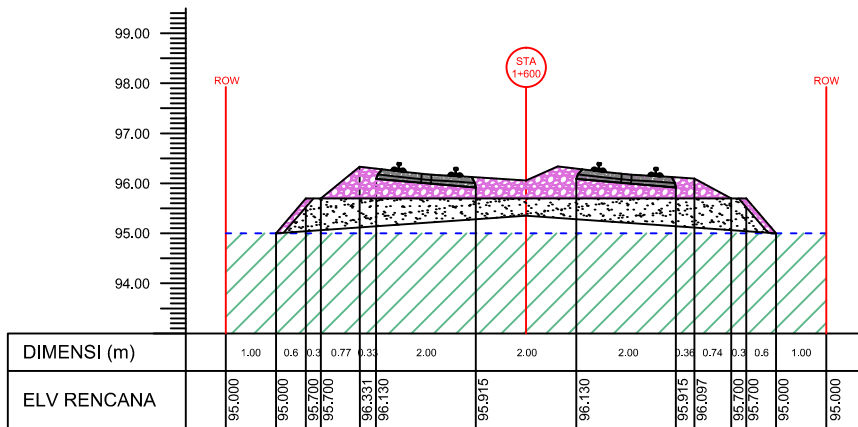


POTONGAN MELINTANG STA 0+800
SKALA 1 : 15

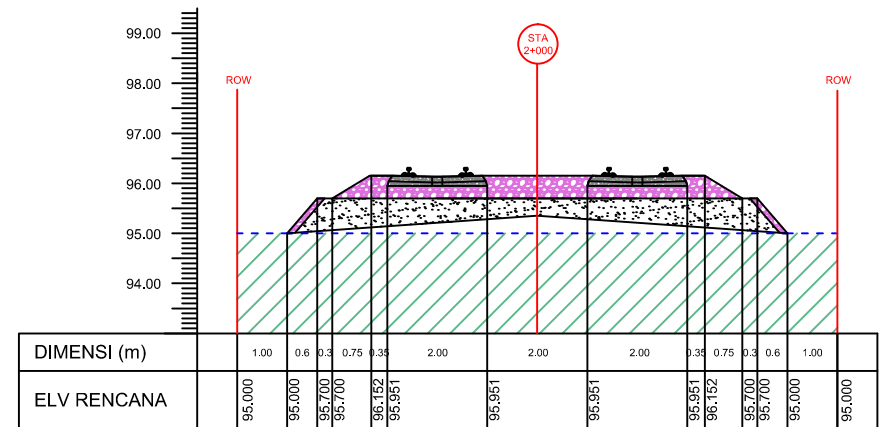


POTONGAN MELINTANG STA 1+200
SKALA 1 : 15

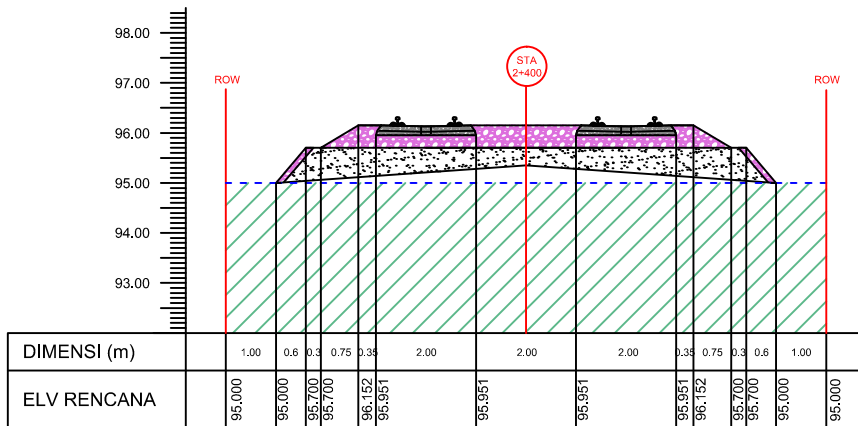




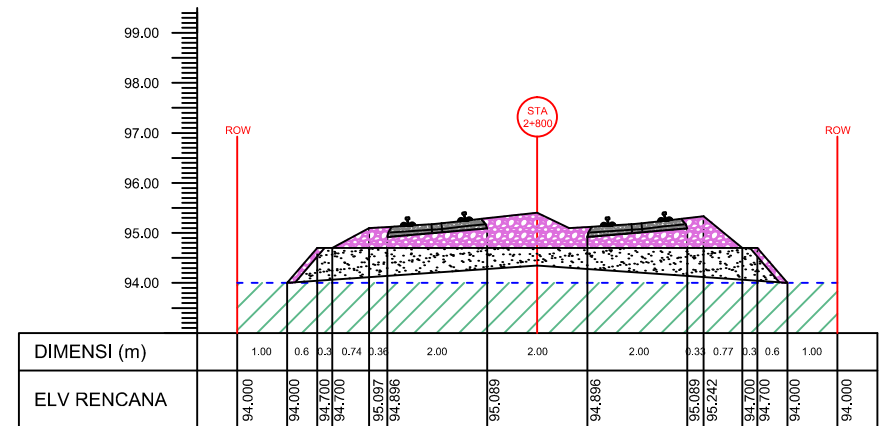
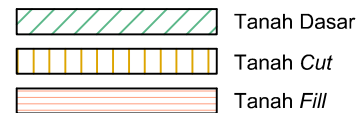
POTONGAN MELINTANG STA 1+600
SKALA 1 : 15



POTONGAN MELINTANG STA 2+000
SKALA 1 : 15

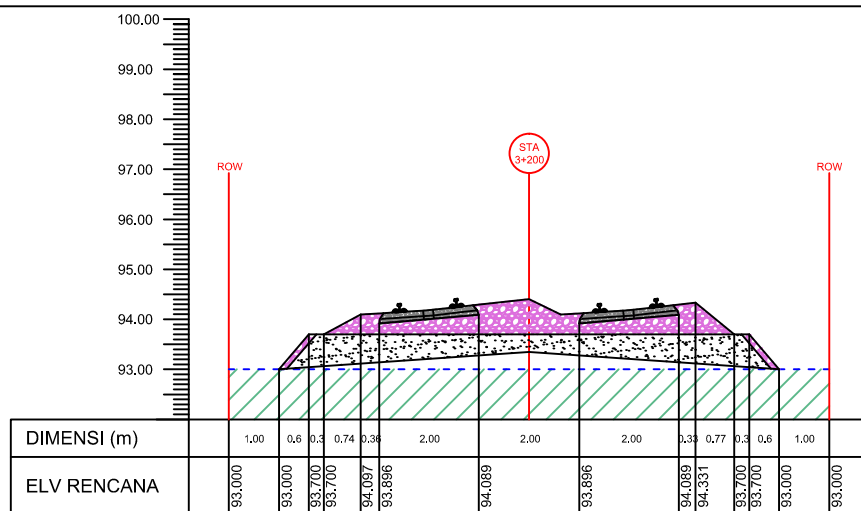


POTONGAN MELINTANG STA 2+400
SKALA 1 : 15

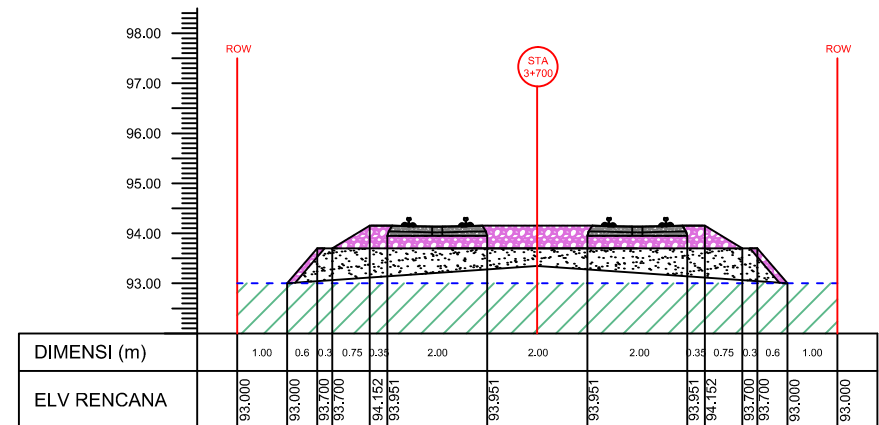


POTONGAN MELINTANG STA 2+800
SKALA 1 : 15

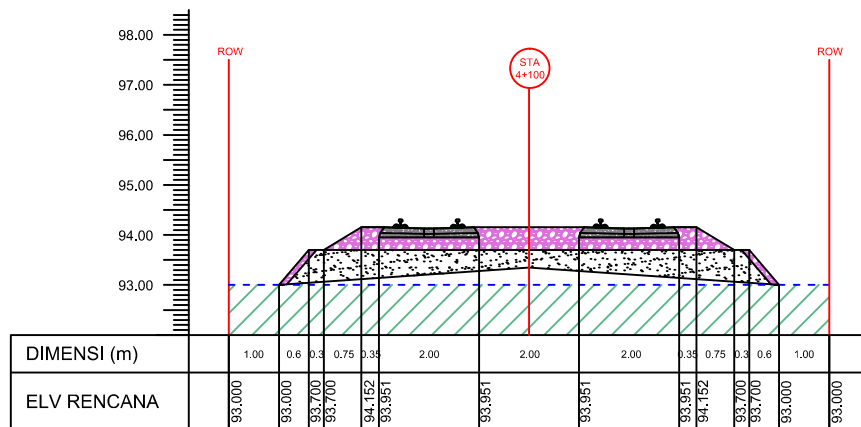




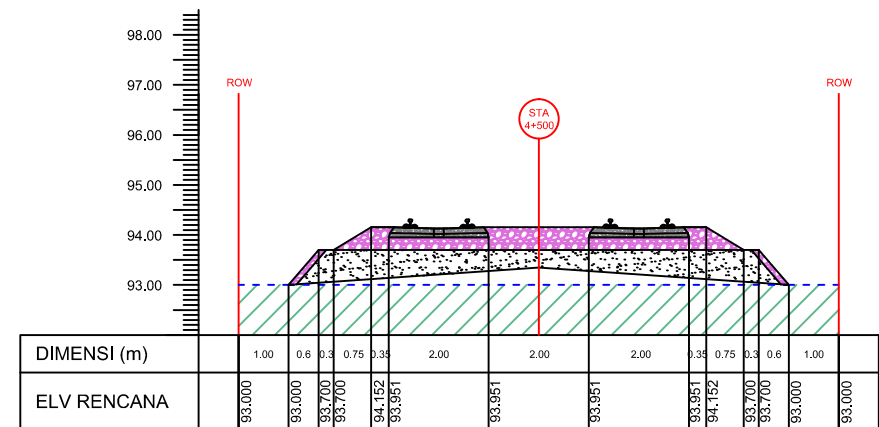
POTONGAN MELINTANG STA 3+200
SKALA 1 : 15



POTONGAN MELINTANG STA 3+700
SKALA 1 : 15



POTONGAN MELINTANG STA 4+100
SKALA 1 : 15



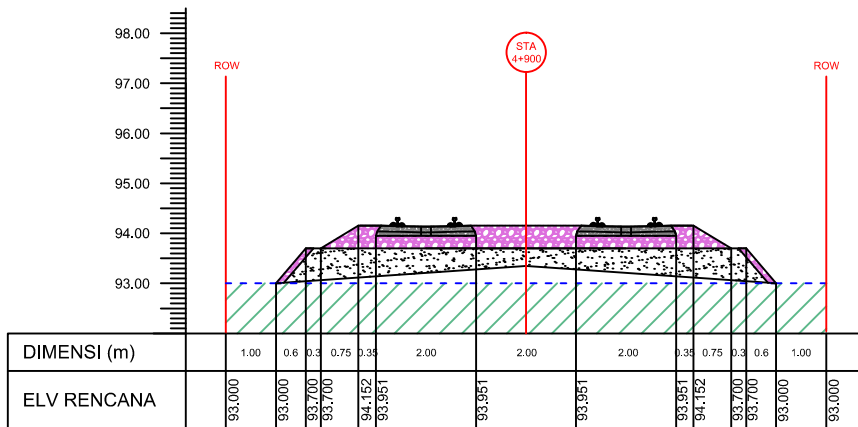
POTONGAN MELINTANG STA 4+500
SKALA 1 : 15

Tanah Dasar

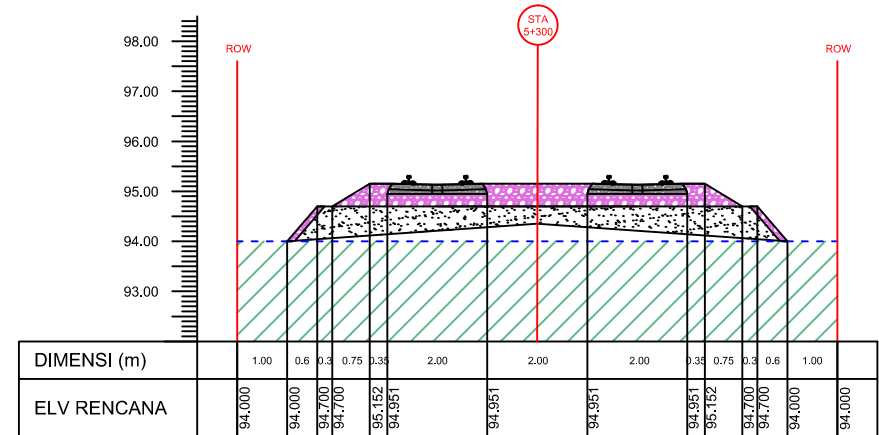
Tanah Cut

Tanah Fill

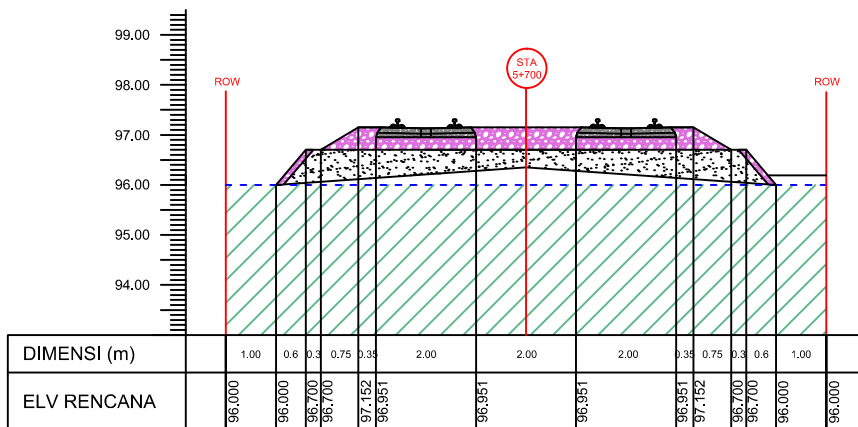




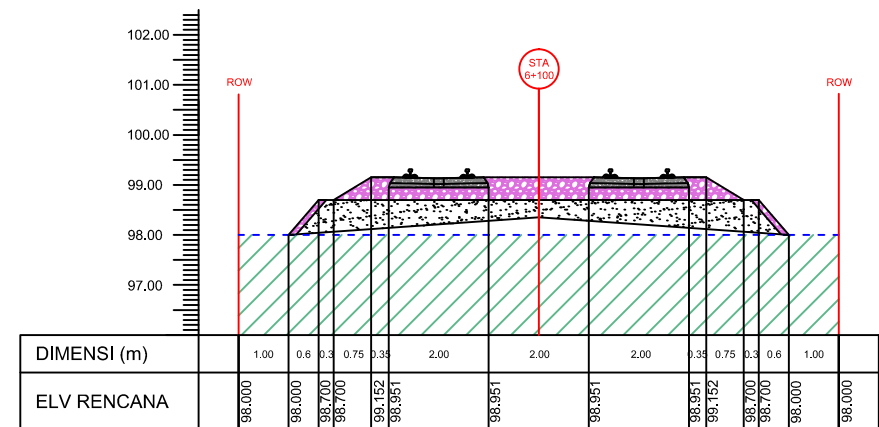
POTONGAN MELINTANG STA 4+900
SKALA 1 : 15



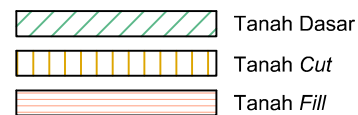
POTONGAN MELINTANG STA 5+300
SKALA 1 : 15

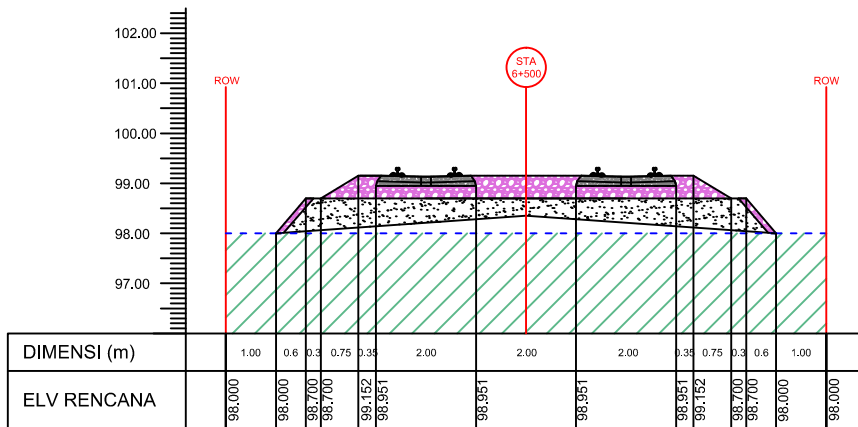


POTONGAN MELINTANG STA 5+700
SKALA 1 : 15

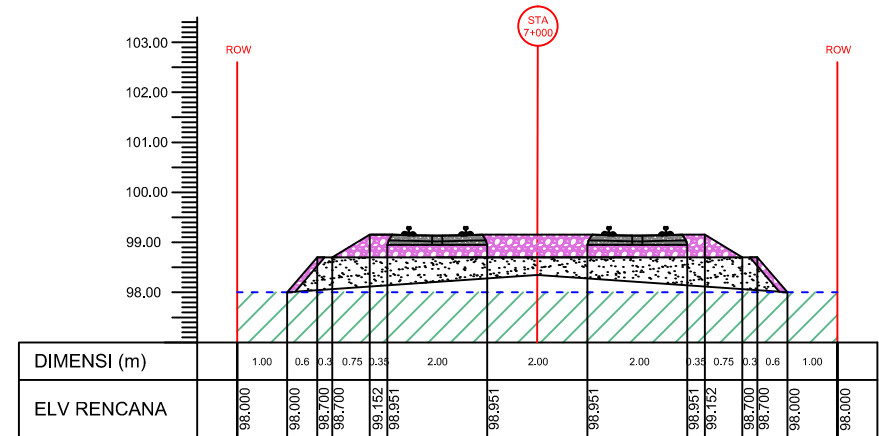


POTONGAN MELINTANG STA 6+100
SKALA 1 : 15

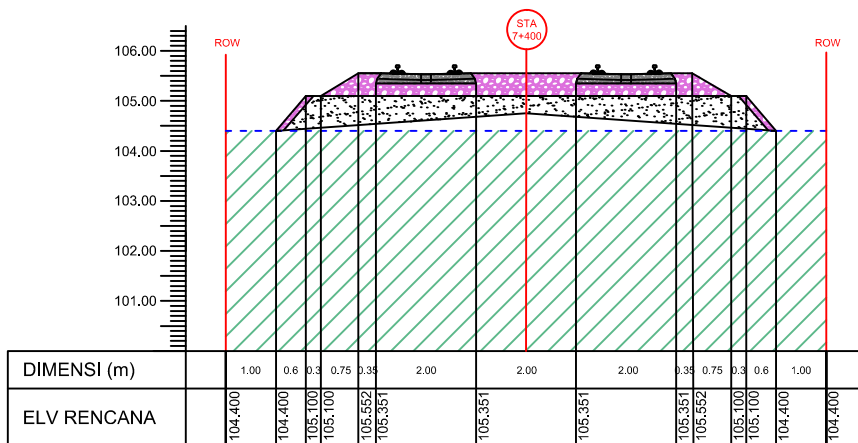




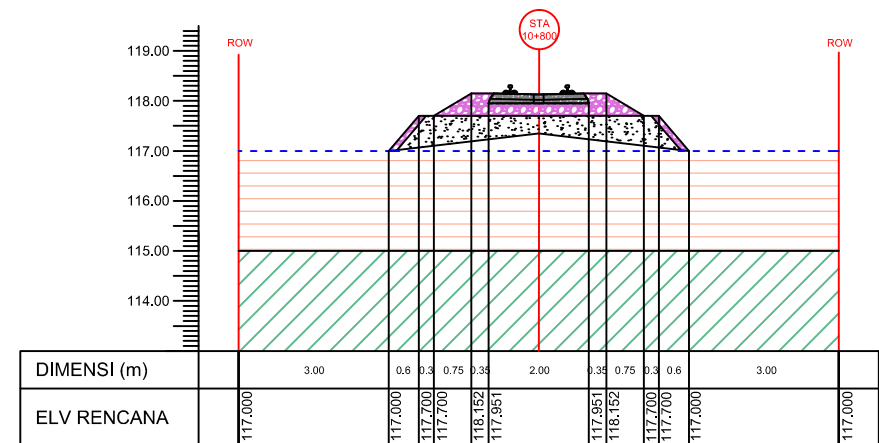
POTONGAN MELINTANG STA 6+500
SKALA 1 : 15



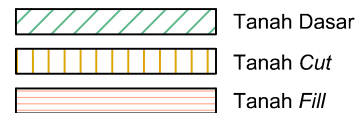
POTONGAN MELINTANG STA 7+000
SKALA 1 : 15

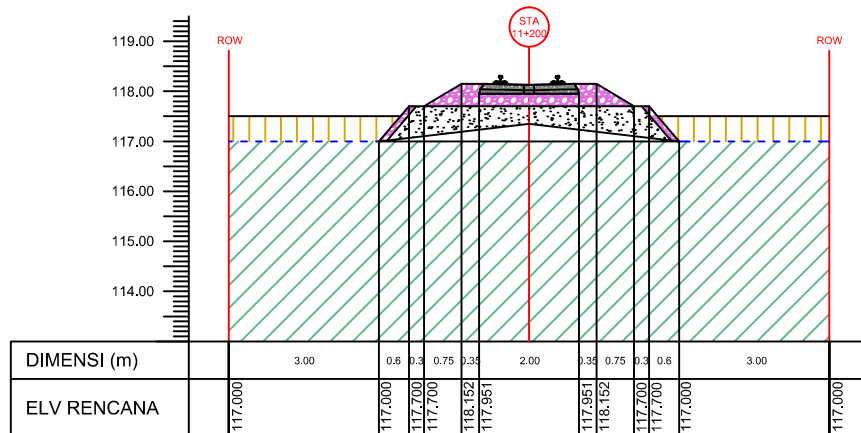


POTONGAN MELINTANG STA 7+400
SKALA 1 : 15

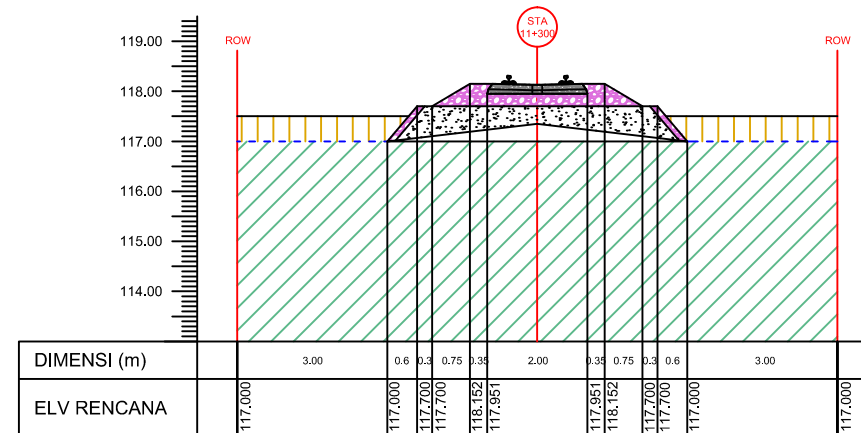


POTONGAN MELINTANG STA 10+800
SKALA 1 : 15

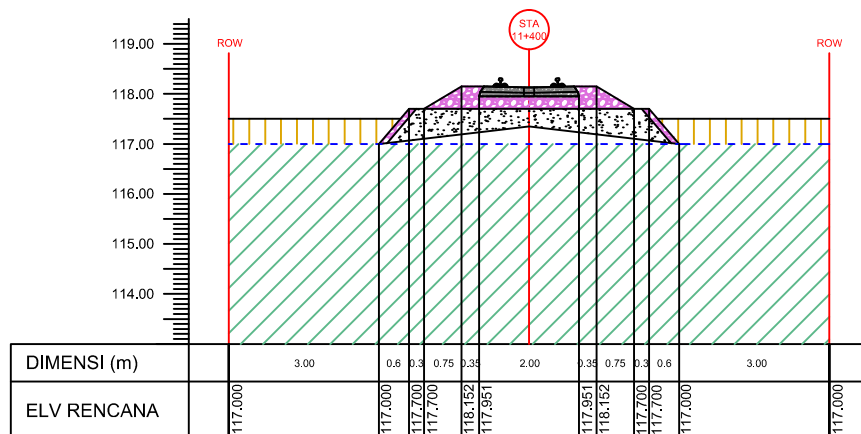




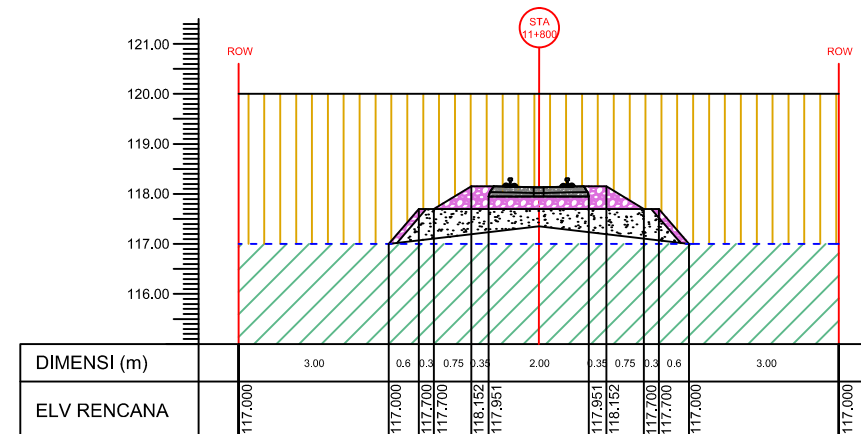
POTONGAN MELINTANG STA 11+200
SKALA 1 : 15



POTONGAN MELINTANG STA 11+300
SKALA 1 : 15

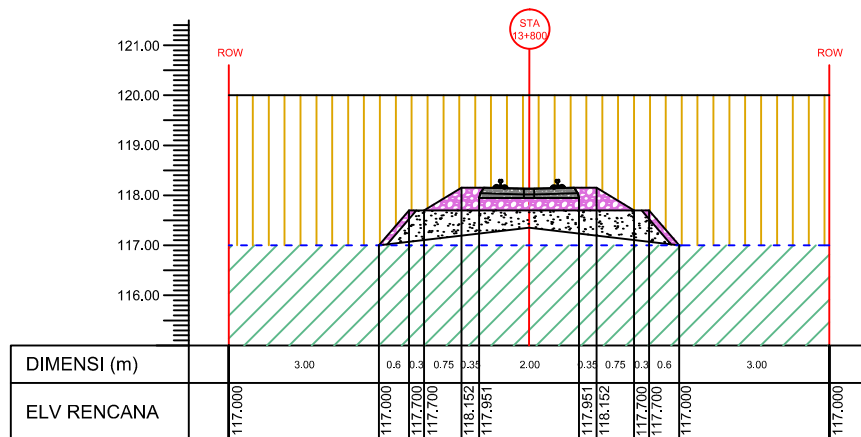


POTONGAN MELINTANG STA 11+400
SKALA 1 : 15

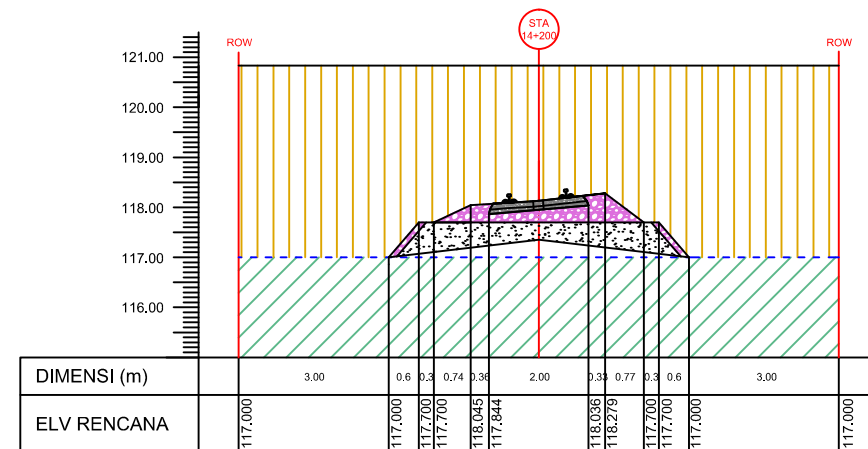


POTONGAN MELINTANG STA 11+800
SKALA 1 : 15

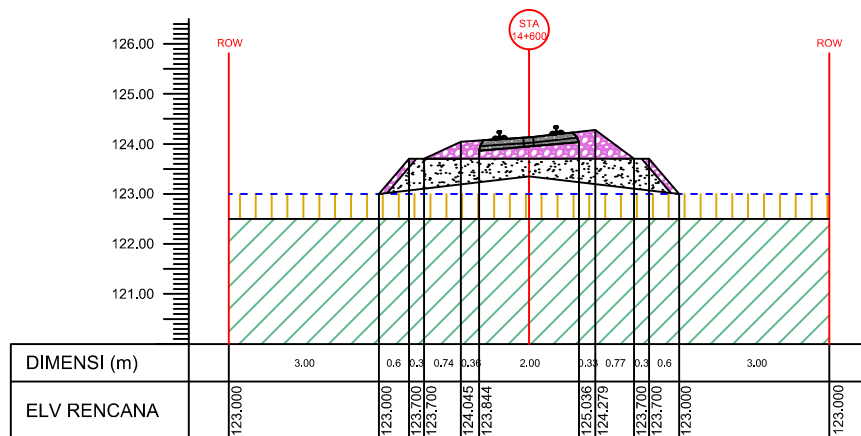




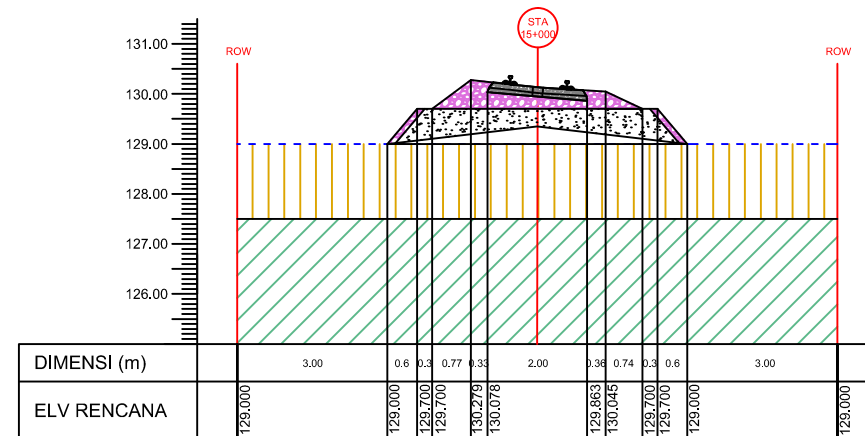
POTONGAN MELINTANG STA 13+800
SKALA 1 : 15



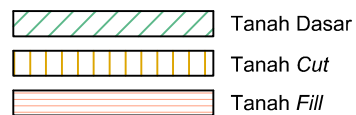
POTONGAN MELINTANG STA 14+200
SKALA 1 : 15

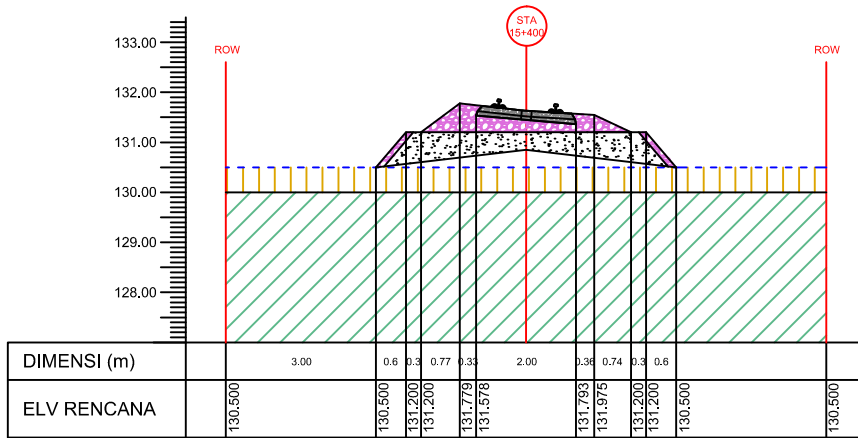


POTONGAN MELINTANG STA 14+600
SKALA 1 : 15

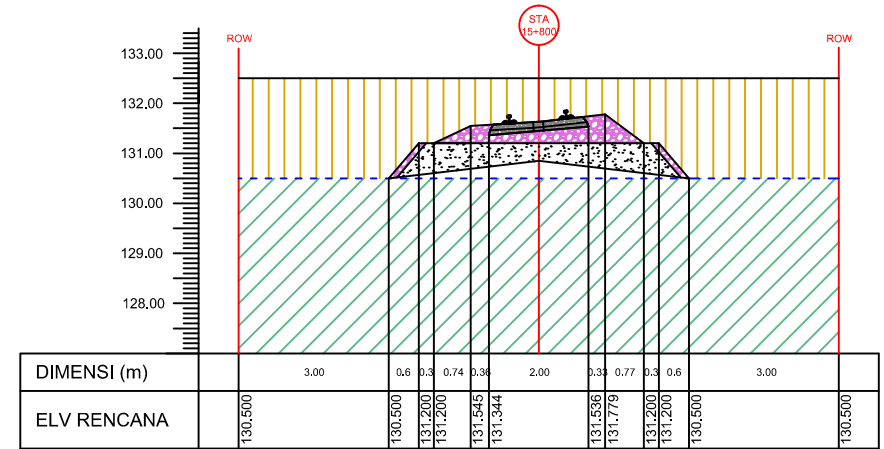


POTONGAN MELINTANG STA 15+000
SKALA 1 : 15

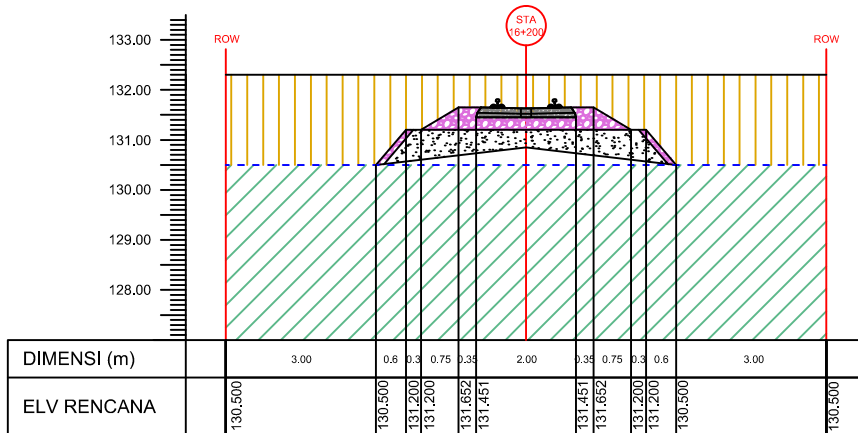




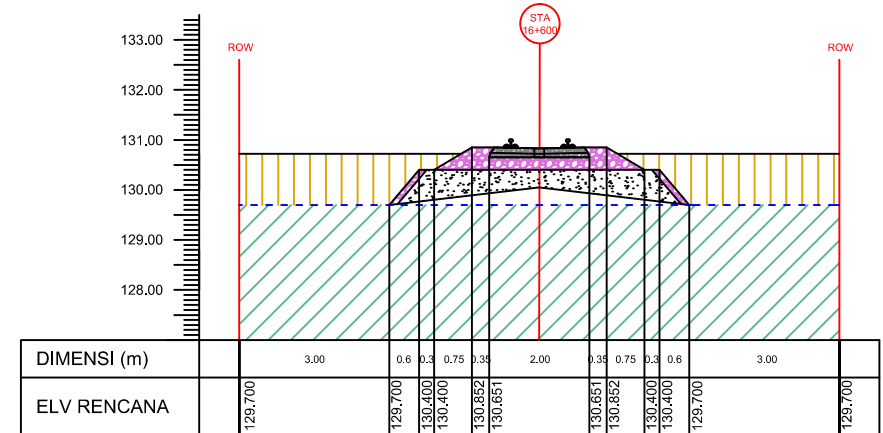
POTONGAN MELINTANG STA 15+400
SKALA 1 : 15



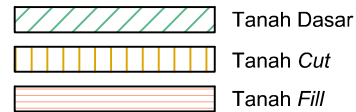
POTONGAN MELINTANG STA 15+800
SKALA 1 : 15

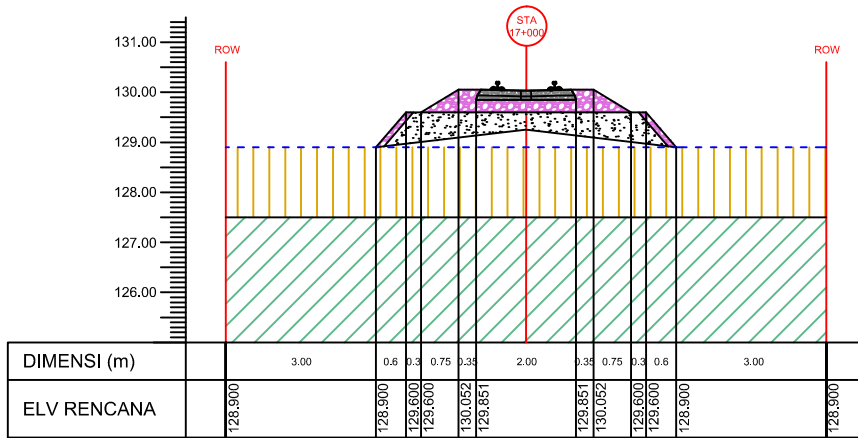


POTONGAN MELINTANG STA 16+200
SKALA 1 : 15

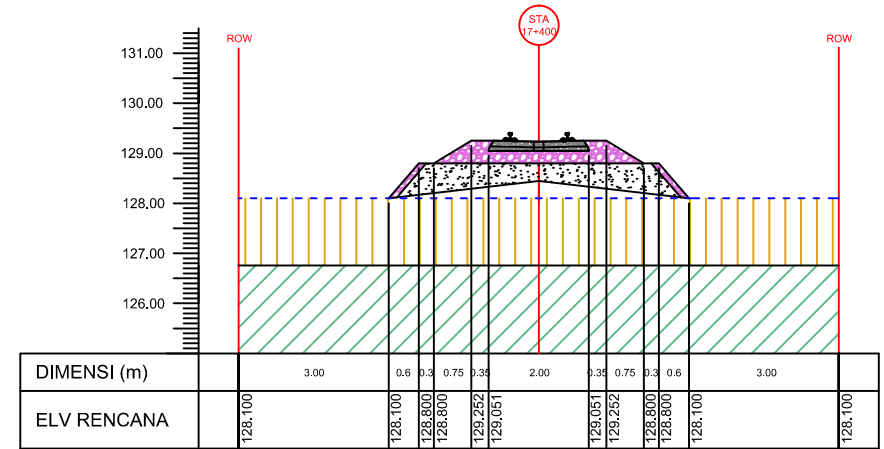


POTONGAN MELINTANG STA 16+600
SKALA 1 : 15

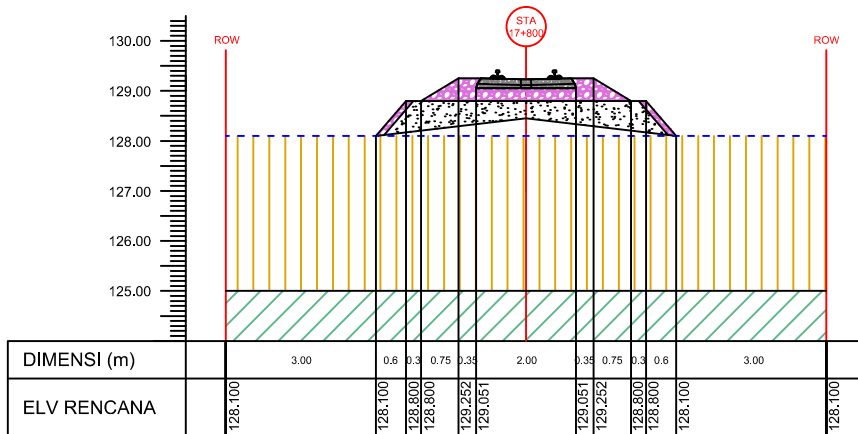




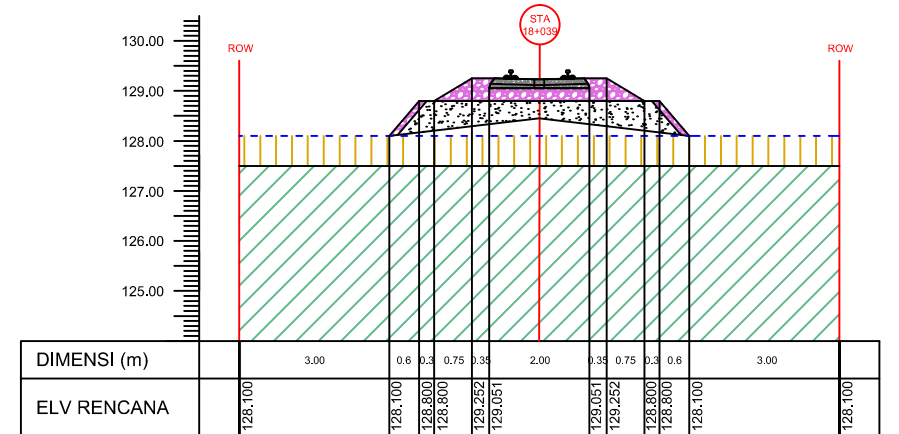
POTONGAN MELINTANG STA 17+000
SKALA 1 : 15



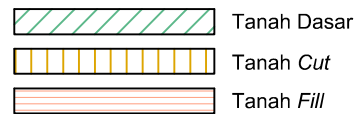
POTONGAN MELINTANG STA 17+400
SKALA 1 : 15

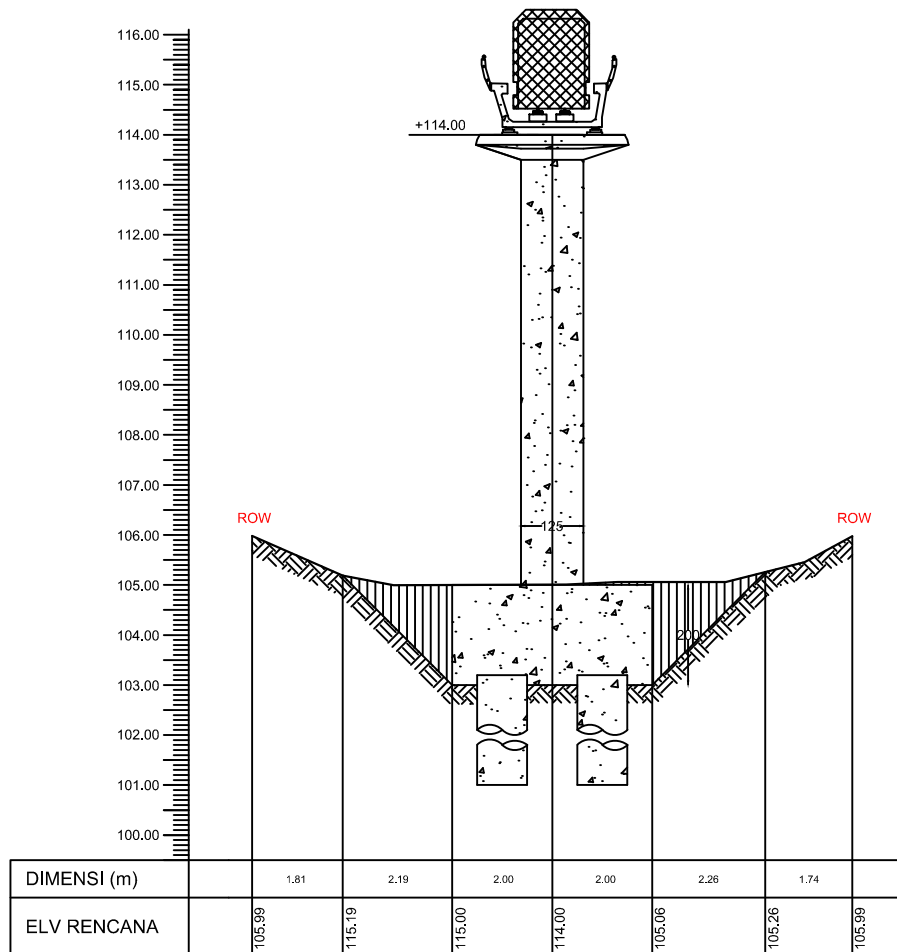


POTONGAN MELINTANG STA 17+800
SKALA 1 : 15

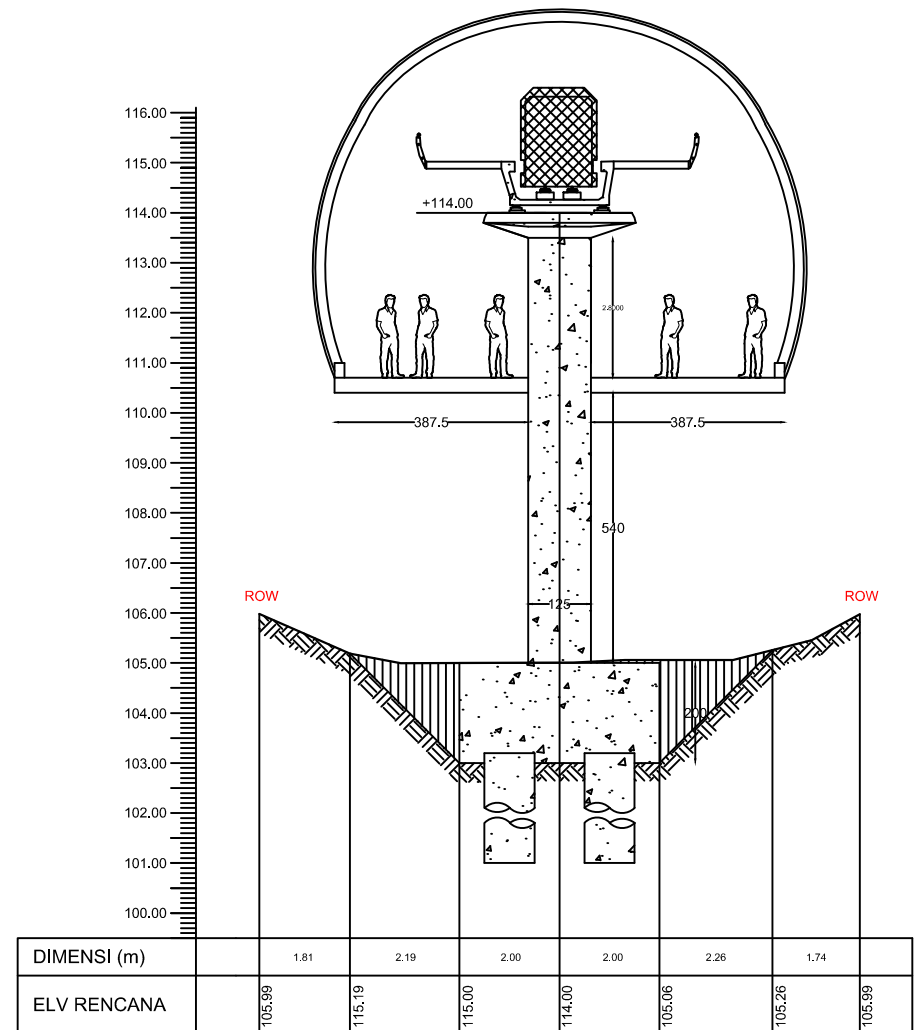


POTONGAN MELINTANG STA 18+039
SKALA 1 : 15



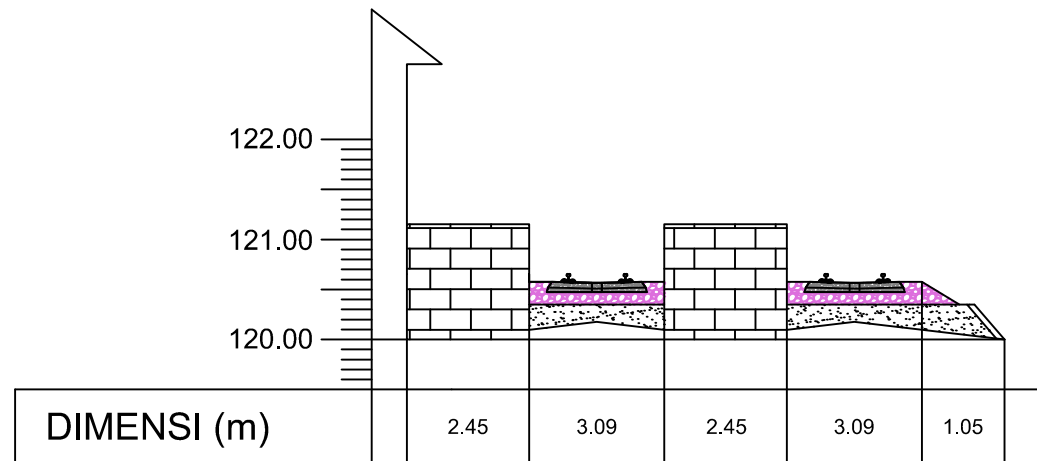


POTONGAN MELINTANG STA 8+200
SKALA 1 : 15

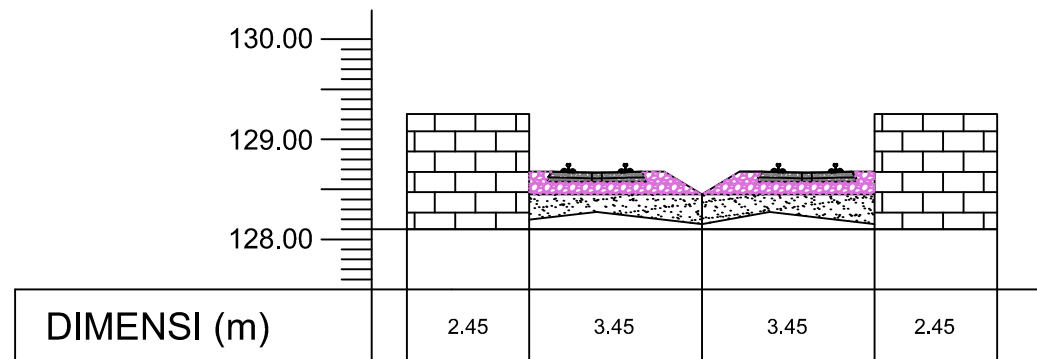


POTONGAN MELINTANG STASIUN UNIV. MUHAMMADIYAH
SKALA 1 : 15



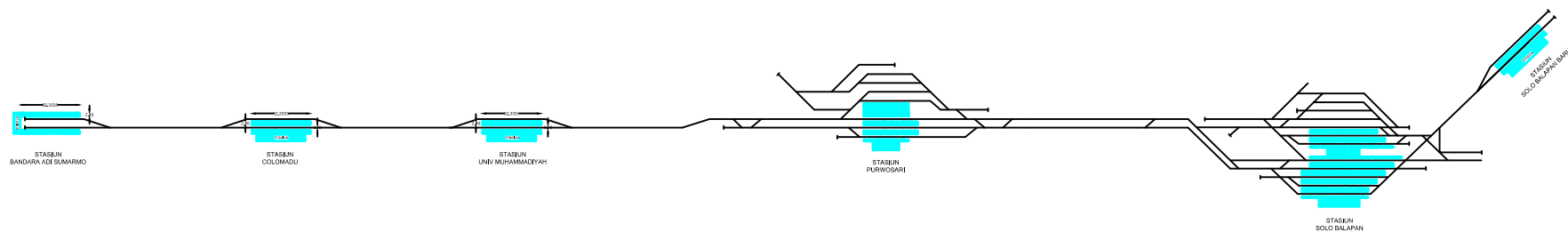



POTONGAN MELINTANG STASIUN COLOMADU
 SKALA 1 : 15




POTONGAN MELINTANG STASIUN BANDARA ADI SUMARMO
 SKALA 1 : 15





TRACK LAYOUT STASIUN SOLO BALAPAN BARU-STASIUN BANDARA ADI SUMARMO

SKALA 1 : 15



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Wahyu Herijanto, MT
NIP. 196209061989031012

MAHASISWA

Endah Tri Listiari
NRP. 03111645000048

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Jalur Kereta Api pada Segmen 2
Stasiun Solo Balapan Baru-Bandara Adi Sumarmo

SKALA

JML LEMBAR

NO LEMBAR

32

32